

TEHNOLOGII CALITATE MAȘINI MATERIALE

1

PROGRES TEHNIC

● CONCEPTE, POLITICI ȘI STRATEGII

Tendințe noi în știința materialelor metalice
Cercetarea științifică și ingineria tehnologică în construcția de mașini • Dezvoltarea și modernizarea industriei de mașini-unelte • Dezvoltarea sectoarelor calde

● MAȘINI, UTILAJE ȘI SDV-URI PROIECTARE, CONSTRUCȚIE, TIPIZARE

Sisteme flexibile • Tracțiunea elastohidrodinamică
Alimentarea automată a mașinilor de danturat

● MATERIALE. ELABORARE, UTILIZARE, RECICLARE, ÎNLOCUITORI

Oțeluri pentru deformare la rece • Oțeluri rapide
Lichide magnetice • Materiale și utilaje carbografitice
Polimeri pentru construcția de mașini

● TEHNOLOGII INDUSTRIALE ȘI DE MARE EFICIENȚĂ ECONOMICĂ

Pledoarie pentru ingineria tehnologică
Prelucrarea prin eroziune electrică complexă
Economii prin aplicarea cercetărilor de tribotehnică

● INGINERIA CALITĂȚII. FIABILITATE, MENTENABILITATE

Orientări actuale în domeniul calității
Distribuția tensiunilor în pereții recipientelor-butelii
Polivalența și interferențele inventicii

● ACTUALITĂȚI TEHNICO-ȘTIINȚIFICE

TM CM

TEHNOLOGII CALITATE MAȘINI MATERIALE

1



EDITURA TEHNICĂ

București, 1987

**Autorii materialelor publicate
în acest volum:**



**FLORIN TANĂSESCU
ION ILIESCU
CAROL MANIȚIU
AUREL SANDU
MIRCEA DRĂGULIN
ION CRIȘAN
MIHAI GAFIȚANU
BARBU DRĂGAN
GHEORGHE BODI
ALEXANDRU DORIN
NICOLAE PREDINCEA
ADRIAN GHIONEA
ION CRUDU
IOAN ȘTEFĂNESCU
EMANUEL DIACONESCU
IOAN CIORNEI
NICOLAE LAȘCU-SIMION
MIHAI TEODORESCU
NICOLAE GERU
DAN CHIRCĂ
GEORGETA COȘMELEAȚA
MIHAI MARIN
MARIA ȘCHIOPU
MARIN BANE**

**SUZANA GÂDEA
IOAN ANTON
IOAN DE SABATA
LADISLAU VÉKÁS
VICTOR POPESCU
IGOR IVANOV
MIHAIL IONESCU
VALERIU CEOCEONICĂ
AUREL NANU
ZENOVIU LÂNCRÂNGEAN
ALEXANDRU GEORGESCU
VICTOR NĂSUI
GHEORGHE DUȚU
VIOREL VODĂ
DUMITRU MOCANU
NICOLAE IONESCU
EMIL SPIREA
VITALIE BELOUS
ALEXANDRU DRĂGUȚ
GHIORGHI MARCIUC
ADRIAN GHEORGHE
VASILE BERINDE
TEODOSIA OPRESCU
GHEORGHE NEAGU**

Colectivul de redacție:

**VASILE BUZATU (red. coord.)
MARIA ANTOINETTE IONESCU
PAUL IORDĂNESCU**



EDITURA TEHNICĂ

București, 1987

Cuprins

Cuvint înainte (ION ILIESCU)	4
Progresul tehnic și dezvoltarea industrială (FLORIN TÂNĂSESCU)	9
I. Concepte și strategii de introducere a tehnologiilor moderne	
1. Tendințe noi în știința materialelor metalice (SUZANA GÂDEA)	18
2. Principalele direcții ale cercetării științifice și ingineriei tehnologice în construcția de mașini (CAROL MANIȚIU)	34
3. Tendințe și cerințe actuale în dezvoltarea și modernizarea industriei de mașini-unelte (AUREL SANDU)	41
4. Cerințele actuale în dezvoltarea sectoarelor calde (MIRCEA DRĂGULIN)	64
II. Mașini, utilaje și SDV-uri. Proiectare, construcție, tipizare	
5. Sisteme flexibile (ION CRIȘAN)	106
6. Identificarea frecvențelor proprii critice la cutile de viteze ale mașinilor-unelte (MIHAI GAFÎȚANU, BARBU DRĂGAN, GHEORGHE BODI)	119
7. Alimentarea automată cu semifabricate a mașinilor de danturat (ALEXANDRU DORIN, NICOLAE PREDINCEA, ADRIAN GHIONEȚ)	125
8. Realizări și perspective în studiul tribosistemelor de rostogolire (ION CRUDU, IOAN ȘTEFĂNESCU)	151
9. Tracțiunea elastohidrodinamică (EMANUEL DIACONESCU, ION CIORNEI)	158
III. Materiale. Elaborare, utilizare, reciclare, înlocuitori	
10. Tendințe în dezvoltarea oțelurilor pentru deformare la rece (NICOLAE LAȘCU-SIMION, MIHAI TEODORESCU)	168
11. Oțeluri rapide, convenabile economic, pentru înlocuirea oțelurilor rapide cu elemente deficitare (NICOLAE GERU, DAN CHIRCĂ, GEORGETA COȘMELEATĂ, MIHAI MARIN, MARIN BANE, MARIA ȘCHIOPU)	174
12. Proprietăți și aplicații ale lichidelor magnetice (IOAN ANTON, IOAN DE SABATA, LADISLAU VÉKÁS)	186

13. Materiale și utilaje carbografice (VICTOR POPESCU-PIETRIȘ, IGOR IVANOV,)	213
14. Polifenilenoxidul, un nou polimer pentru construcția de mașini (MIHAIL IONESCU)	240

IV. Tehnologii industriale și de mare eficiență economică

15. Pledoarie pentru ingineria tehnologică (VALERIU CEOCEONICĂ) . . .	266
16. Utilizarea circuitelor electrice cu caracter inductiv și implicațiile lor asupra proceselor elementare la prelucrarea prin eroziune electrică complexă (AUREL NANU, ZENOVIU LÂNCRÂNGEAN)	278
17. Economii realizate prin aplicarea rezultatelor unor cercetări ale centrului de tribotehnică de la Combinatul Siderurgic Galați (ALEXANDRU GEORGESCU, VICTOR NĂSUI, GHEORGHE DUȚU)	283

V. Ingineria calității. Fiabilitate, mentenabilitate

18. Orientări actuale în domeniul calității (VIOREL VODĂ)	296
19. Studiul distribuției tensiunilor în pereții recipientelor-butelii de gaze la înaltă presiune (DUMITRU REMUS MOCANU, NICOLAE IONESCU, EMIL SPIREA)	302
20. Polivalența și interferențele inventicii (VITALIE BELOUS)	309

VI. Actualități tehnico-științifice

21. Participarea R.S. România la Programul complex al colaborării țărilor membre ale C.A.E.R. până în anul 2000, în domeniul progresului tehnico-științific (ALEXANDRU DRĂGUȚ)	322
22. Căile progresului tehnic (GURII MARCIUK)	332
23. Simpozionul ingineriei sistemelor de producție (ADRIAN V. GHEORGHE)	353
24. Simpozionul național de tehnologii neconvenționale 1986 (AUREL NANU)	356
25. Primele simpozioane naționale în domeniul creatologiei și inventicii (VITALIE BELOUS)	359
26. Primul simpozion de terotehnologie în construcția de mașini (VASILE BERINDE)	362
27. Conferința internațională de tensometrie — Amsterdam 1986 (DUMITRU REMUS MOCANU)	365
28. Scurte informații tehnice (TEODOSIA ÔPRESCU, GHEORGHE NEAGU)	367

12. Tendințe în dezvoltarea optimizării pentru deformare la rece (NICOLAE IASCU-SIMION, MIHAIL TEODORSCU)	168
13. Proprietăți și aplicații ale inhibitorilor magnetici (IOAN ANTON, IOAN DE SABATA, LADISLAU VÉKAS)	188

Cuvînt înainte

Editura Tehnică lansează această nouă *serie de studii, sinteze, materiale informative* consacrate *progresului tehnic* contemporan, în special în ramurile industriei prelucrătoare, în scopul înlesnirii difuzării mai rapide a noutăților tehnice în rîndul specialiștilor din unitățile de cercetare, proiectare și producție din diferite ramuri ale industriei ca și din unitățile de învățămînt, precum și al facilitării schimbului de opinii și al generalizării experienței înaintate.

Sfera tematică a acestei serii (gen buletin de informare tehnico-științifică) va cuprinde: problemele *ingenieriei tehnologice*, ale promovării *noilor tehnologii eficiente*, atît din punctul de vedere al creșterii productivității muncii, al finalității economice, al reducerii consumurilor de materiale și energie, cît și al *calității* produselor, al ridicării performanțelor funcționale și de fiabilitate ale acestora; problemele privind știința și tehnologia *materialelor*, căile de utilizare rațională, cu randamente superioare, a materiilor prime și materialelor, recuperarea și reciclarea acestora, în special a celor deficitare, crearea și implementarea de materiale noi, cu însușiri superioare, indispensabile promovării progresului tehnic, mai ales în unele domenii de vîrf, sau înlocuirea materialelor deficitare; în fine, problemele privind conceperea, asimilarea și implementarea unor *mașini, utilaje, echipamente și aparaturi* cu performanțe superioare, promovarea *automatizării, electronizării, robotizării, cibernetizării* proceselor de producție, dotarea cu tehnică de calcul și promovarea proiectării și fabricării asistate de calculator — ca probleme cheie ale progresului tehnic contemporan.

În centrul acestei tematici se vor afla problemele tehnologice specifice *construcțiilor de mașini* — ca ramură decisivă în promovarea progresului tehnic și în dotarea întregii economii naționale cu tehnică de vîrf. Totodată, își vor găsi loc probleme cu care se confruntă cercetarea și in-

dustria metalurgică, chimică, de materiale de construcții, în special în legătură cu îmbunătățirea calității materialelor livrate industriei prelucrătoare și altor ramuri, cu asimilarea și implementarea unor materiale noi. În același timp, vor fi abordate acele probleme care formează obiect de dialog și colaborare inter și multidisciplinară privind progresul tehnologic, atât din punct de vedere al unor principii valabile tuturor sau mai multor ramuri industriale, cât și din punctul de vedere al asimilării și promovării unor noi tehnologii, care presupun colaborarea activă dintre tehnologii diferitele ramuri și cei din unitățile producătoare de utilaje, mașini și echipamente. Pentru că progresul tehnologic, în zilele noastre, nu poate fi conceput și promovat doar prin activitatea entuziastă, dar izolată, a unor cadre sau colective, fie ele și pasionate, din câteva unități, ci presupune o amplă conlucrare și colaborare, pe ansamblul economiei naționale, între unitățile de cercetare, proiectare, producție și exploatare, o comunicare activă interdisciplinară și interdepartamentală, o continuă documentare tehnico-științifică a fiecăruia și o amplă informare reciprocă, difuzarea cât mai rapidă a noutăților tehnice și a experienței avansate.

Producătorul de mașini, utilaje, echipamente diverse nu poate lucra de unul singur, fără sprijinul și colaborarea tehnologului din ramura beneficiară, fără conlucrarea cu cei ce urmează să folosească produsele sale. La rîndul lor, tehnologii diferitele ramuri nu pot gândi și proiecta o nouă tehnologie, sau perfecționa una existentă, fără dialogul cu constructorul de mașini și utilaje, de aparatură, echipamente și mijloace de automatizare, fără a ști ce-i poate furniza acesta.

De aceea, una din cerințele promovării progresului tehnologic contemporan este nu numai buna pregătire de specialitate și informarea la zi a fiecăruia în domeniul propriu de activitate, ci și un dialog continuu și o conlucrare activă inter și multidisciplinară între cadrele tehnice din diferitele ramuri ale industriei, economiei și cercetării științifice.

Problemele progresului tehnic stau, în zilele noastre, în centrul atenției tuturor factorilor de decizie și a opiniei publice din întreaga lume, tocmai datorită impactului formidabil pe care revoluția tehnico-științifică contemporană o are asupra dezvoltării economico-sociale, asupra vieții societății contemporane, în ansamblu. Nu întîmplător și în documentele programatice ale partidului nostru ele ocupă un loc central. Ultimele congrese ale partidului au adoptat orientări și directive tot mai ample în legătură cu promovarea progresului tehnico-științific. A fost elaborat și adoptat un program special de perspectivă — „Programul-Directivă de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și introducere a progresului

tehnic în perioada 1981—'90 și direcțiile principale pînă în anul 2000". Congresul științei și învățămîntului din noiembrie 1985 a fost consacrat acestei problematice. La indicațiile conducerii superioare, C.N.S.T. coordonează un amplu program de măsuri pentru modernizarea întregii industrii, pe baza celor mai noi cuceriri ale științei și tehnicii. Țara noastră a participat la elaborarea și adoptarea programului complex al C.A.E.R. — privind colaborarea multilaterală a țărilor membre în promovarea progresului tehnic.

În cuvîntarea rostită la al III-lea Congres al oamenilor muncii, tovarășul Nicolae Ceaușescu sublinia că „dezvoltarea intensivă a economiei românești, ridicarea nivelului tehnic și calitativ al produselor, creșterea productivității și eficienței se pot realiza numai pe baza celor mai noi cuceriri ale științei și tehnicii". De aceea, „Trebuie să întărim și mai puternic conlucrarea între cercetare, învățămînt și producție, să urmărim finalizarea în cel mai scurt timp a cercetărilor din toate domeniile și introducerea rapidă în producție a rezultatelor acestor cercetări. Și în acest domeniu trebuie să scurtăm la maximum ciclul cercetare-producție-marfă. Rezultatele cercetării trebuie să se oglindească în nivelul tehnic și calitativ al noilor produse, în creșterea tot mai puternică a eficienței economice și a productivității muncii. Așa cum prevede Programul național al cercetării științifice și tehnologice, orice perfecționare și îmbunătățire, orice produs nou trebuie să aibă parametri superiori din punct de vedere calitativ, tehnic, al fiabilității și eficienței economice". Totodată, „se impun măsuri hotărîte, în toate sectoarele, pentru perfecționarea activității de formare a cadrelor, de reciclare și ridicare continuă a nivelului de cunoștințe profesionale și tehnice. Trebuie să nu uităm nici un moment că dezvoltarea intensivă, o nouă calitate, o nouă eficiență, o înaltă productivitate nu se pot realiza decît cu oameni ai muncii de înaltă calificare, cu înaltă răspundere. Nici o automatizare și robotizare nu poate înlocui omul. Și în perioada următoare și în viitor, întotdeauna, omul va continua să reprezinte factorul hotărîtor al progresului și civilizației, al dezvoltării economice și sociale".

Aceste probleme dorim să formeze obiectul unor dezbateri substanțiale și contribuții active în paginile TCMM din partea cît mai multor cadre din unități de producție, de cercetare, proiectare și învățămînt.

Seria continuă TCMM (ale cărei inițiale vor să evidențieze, tocmai, domeniile cheie ale progresului tehnic — Tehnologii—Calitate—Materiale—Mașini și utilaje) — dorește să devină o platformă activă de comunicare între specialiștii diferitelor ramuri industriale, în jurul probleme-

lor celor mai actuale ale progresului tehnic contemporan și ale dezvoltării tehnologice a economiei noastre naționale.

Experiența mai veche a seriei similare AMC (Automatică—Management—Calculatoare), editată de Editura Tehnică (pentru domeniile automaticii, tehnicii de calcul, informatică și managementului), ca și cea mai recentă, a seriei ENERG (pentru domeniul producerii și utilizării energiei) ne îndreptătesc să credem că și TCMM va cunoaște un ecou larg în rîndul lucrătorilor, cadrelor tehnice și specialiștilor din industrie, învățămînt și cercetare, că se va bucura de interesul și colaborarea unui număr cît mai mare dintre ei și va deveni un instrument util în activitatea lor.

Așteptăm, cu interes, ecurile cititorilor, sugestiile, propunerile și colaborarea activă a tuturor celor interesați.

Ing. ION ILIESCU

Progresul tehnic și dezvoltarea industrială

Dr. Ing. Florin Teodor Tănăsescu

Vicepreședinte al Consiliului Național
pentru Știință și Tehnologie

Noțiunea de progres tehnico-științific apare ca un rezultat firesc al întrepătrunderii fenomenului științific și tehnic cu progresul tehnic și social contemporan. Progresul tehnico-științific impune însă, așa cum sublinia secretarul general al Partidului, tovarășul Nicolae Ceaușescu, „o gândire mai îndrăzneată, mai revoluționară în știință”, fiindcă numai așa este posibilă stăpânirea și folosirea uriașelor descoperiri care au loc în lume, în scopul dezvoltării societății noastre socialiste și al științei și tehnicii în general.

Această gândire îndrăzneată și creatoare presupune o activitate inovatoare, activitate care trebuie să se dezvolte continuu plecând de la necesitățile societății noastre, în primul rând corelată strâns cu posibilitățile, activitate prezentând un caracter permanent, constant orientat.

Elemente determinante ale progresului tehnic sînt invențiile și inovațiile rezultate din activitatea de concepție, care se transpun pe plan tehnic și economic prin produse noi, sau înlocuitori, tehnologii noi sau perfecționate care permit obținerea de produse calitativ superioare cu aceleași cheltuieli de producție, cu consumuri materiale și energetice mai reduse, punerea în valoare a materiilor prime indigene, în special a celor cu conținut activ redus, mecanizarea, electronizarea, automatizarea, robotizarea și chimizarea proceselor de producție, introducerea informaticii în conducerea proceselor industriale, în activitatea economico-financiară, în pregătirea și aplicarea deciziilor.

În orice caz, rezultă evident că progresul industrial se transpune în plan economic prin produse și tehnologii noi, ce trebuie să depășească nivele determinate de performanță.

Modernizarea industriei pe baze intensive

Propunîndu-și ca pînă la sfîrșitul acestui deceniu România să între în rîndul țărilor cu dezvoltare medie, în continuarea politicii sale de uti-

lizare a progresului tehnic ca pirghie în modernizarea structurilor sale industriale, urmare a documentelor directivă ce conturau viitoarele dezvoltări — „Programul de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și introducere a progresului tehnic în perioada 1981—1990 și direcțiile principale pînă în anul 2000” — Congresul al XIII-lea al Partidului a anticipat o etapă economică cu deosebite implicații, aceea a dezvoltării intensive a activităților industriale. Într-o epocă în care economiile statelor se confruntă frecvent și dur pe piața internațională, dezvoltarea intensivă a industriei românești își propune ca elemente finale de atins: o dublare a productivității muncii la nivelul anului 1990 comparat cu 1985, reducerea consumurilor materiale și energetice cu cca 30%, o înnoire rapidă a volumului de producție industrială care trebuie să ajungă, la nivelul anului 1990, la 95% produse la nivel mondial și 3—5% peste acest nivel. Aceste acțiuni presupun o mobilizare exemplară a forțelor din diversele sectoare de activitate (industrie-cercetare-învățămînt), după un program bine conturat și cu o structură organizatorică elastică care să permită ca însăși pe parcursul diverselor activități să se poată interveni corectînd sau amplificînd, funcție de evoluția prescrisă.

Declanșarea acțiunii de organizare și modernizare a proceselor de producție și de creștere a eficienței în toate sectoarele economiei naționale, alcătuirea comisiilor județene și ale ministerelor pentru concepția, întocmirea și urmărirea acestor programe de modernizare, constituirea comisiilor echivalente în centrale și unități, a creat cadrul organizatoric care să permită accelerarea introducerii progresului tehnic în economie, creșterea eficienței activității industriale, obiectiv esențial al unei dezvoltări intensive.

Analiza atentă a unui număr de peste 130 întreprinderi și centrale industriale, subramuri, ministere economice, a scos în evidență o serie de concluzii importante de largă generalitate și deci de care trebuie să se țină seama atît în unitățile industriale cît și în cele de concepție, pentru că dezvoltarea intensivă a primelor este strîns legată de dezvoltarea intensivă a unităților de cercetare, care nu numai că, prin însăși menirea lor, trebuie să dea în timp util un produs sau tehnologie, dar sînt obligate să le prevadă cu mult înainte de a li se cere sau a trebui societății, lucru ce impune o gîndire profundă în perspectiva dezvoltării industriale, a anticipării solicitărilor ce vor veni.

Conceptul de modernizare a industriei promovat în acest an la nivelul întregii țări are la baza sa cîteva idei deosebit de valoroase.

Mai întîi, frontul larg pe care se cere să se acționeze, cu antrenarea tuturor forțelor din cercetare — industrie — învățămînt, de unde derivă

caracterul unitar și continuu al modernizării, al creerii premizelor pentru ca cele mai noi rezultate ale științei să fie aplicate în industrie.

În al doilea rând, în cadrul unei unități, direcțiile pe care se acționează sînt foarte variate, îmbrăcînd toate elementele semnificative ale unui proces industrial, de la accesul materiilor prime la prelucrarea lor în fluxurile tehnologice și, în final, la eficiența măsurilor luate.

Stabilindu-se o serie de criterii orientative în procesul de modernizare, s-a asigurat un caracter unitar al modului de acțiune, fără însă a fi limitat, dîndu-se posibilitatea de adaptare în unele cazuri la specificul unor unități, creîndu-se posibilitatea ca, pentru aceeași acțiune urmărită, — să spunem, spre exemplu, debitarea și croirea automată a tablilor, — să se poată selecta metodele și rezolvările cele mai valoroase, să se poată generaliza rapid la nivelul întregii țări.

Semnificative sînt, din acest punct de vedere, direcțiile pe care unitățile vor căuta să găsească cele mai potrivite măsuri pentru a ajunge la creșterea productivității muncii, la reducerea consumurilor materiale și de energie, la îmbunătățirea calității produselor. Acestea sînt: depozitarea materiilor prime, materialelor, semifabricatelor, produselor finite, conservarea și expedierea lor, raționalizarea transportului, raționalizarea debitării și pregătirii materialelor, modernizarea fluxurilor tehnologice și de fabricație, modernizarea controlului de calitate și a mijloacelor de control, perfecționarea activității de organizare a muncii și de pregătire a cadrelor-„secțiuni“ ale procesului industrial în care, acționînd competent, se poate obține o eficiență economică sporită.

Rezultatul analizelor efectuate asupra unui număr mare de unități arată deja varietatea căilor și măsurilor propuse pentru modernizare și, implicit, eficiența economică pe care aplicarea acestora o generează. S-au realizat, spre exemplu, agregate specializate care la prelucrarea carterelor de motoare termice să asigure productivități de 2, 3 ori mai ridicate; prin recuperarea unor materiale din procesul tehnologic să se obțină reduceri simțitoare ale normelor de consum; prin recuperarea căldurii din cadrul unor procese să se obțină importante economii; prin robotizarea unor montaje și printr-un control bazat pe scheme logice comandate prin microprocesor să crească calitatea unor produse, să se asigure un mod rapid și sigur prin care aceasta să poată fi evaluată; crearea unor depozite intermediare în fluxul tehnologic, — optimizat dispuse, — a permis obținerea reducerii circulației produselor, de unde a rezultat un număr mai mic de tone kilometri parcurși pentru produse și timpi tehnologici mai scurți.

Într-un alt caz, prin aplicarea unor măsuri de modernizare

Innoirea și eficiența sa

Innoirea nu este un scop în sine. Ea trebuie să conducă, pe de o parte, la realizarea unor produse mereu mai performante, pe de altă parte, la obținerea unei eficiențe economice deosebite, fie la producător, fie la utilizator.

Innoire nu înseamnă scumpirea unui produs ci o optimizare a raportului performanță — cost care să asigure creșterea competitivității produselor pe piețele externe. Acest lucru impune, însă, găsirea unor tehnologii, a unor noi principii constructive și organizări tehnologice care să conducă la realizarea acestui deziderat. Poate și acest lucru face ca nu toate domeniile să aibă la un moment dat același ritm de înnoire. Este de așteptat ca în etapa următoare înnoirea cea mai rapidă să se sesizeze în domeniul componentelor electronice și micromecanice și a sistemelor în care acestea intră, în timp ce la altele înnoirea să fie reprezentată mai mult prin modernizări ale tipurilor de bază, cărora să li se introducă noi tehnici care să lărgescă gama de performanțe (cazul motoarelor clasice care se modernizează astăzi prin adăugarea altor funcții — frine, comandă electronică, posibilități de poziționare) care lărgesc gama de utilizare.

Dacă am lua ca exemplu dezvoltările viitoare ce se prefigurează pe plan mondial în domeniul electrotehnicii se constată o schimbare a ponderii între electrotehnica convențională și domeniul componentelor electronice și al sistemelor bazate pe acestea. Astfel, dacă în anul 1974, raportul între acestea era $1/3$, în anul 1984 este $1/2$, pentru ca în anul 1994 să ajungă la $2/3$. Acest lucru se reflectă și prin durata de viață a unor produse, din care rezultă că, în aceeași perioadă, produsele cu o vechime mai mare de 10 ani scad de la 32% la 16%, consecință a aplicării noilor cuceriri din domeniul electronicii și a mutațiilor ce le generează.

Concepția constructivă a unui produs, tehnologia de realizare și normele de consum

Epuizarea unor materiale strict necesare industriei moderne (W, Mo, Co, Pb, Zn, Au, Ag, a unor feroaliaje) și, în consecință, limitarea accesului la acestea, prin creșterea valorii lor, au impus, ca o restricție esențială, găsirea acelor soluții constructive care — fără să reducă cu nimic performanțele — să permită realizarea încă din start a unor produse cu dimensiuni reduse și, implicit, consumuri mai mici.

Stabilirea celei mai adecvate tehnologii de realizare a produsului este a doua latură a procesului, care trebuie să conducă, implicit, la reducerea normelor de consum materiale și energetice. În domeniul prelucrărilor, mașinile de mare productivitate prevăzute cu comenzi numerice dovedesc resursele mari ce pot fi disponibilizate, după cum tehnologiile noi, bazate pe aplicații ale laserilor, fasciculului de electroni, ultrasunetelor, pot conduce nu numai la importante economii de materiale dar și de energie.

În domeniul tratamentelor termice, al îmbunătățirii performanțelor unor oțeluri și deci posibila eliminare a oțelurilor nobile, aplicarea convertizoarelor statice de frecvență conduce la economii de energie cu 15% mai mari decât cele întâlnite în sistemele clasice.

De asemenea, introducerea electronicii pentru comanda unor procese asigură în cele mai multe cazuri economii însemnate prin reducerea gabaritului ansamblului (echipamente de foraj, locomotive, echipamente de automatizare etc.).

Soluția constructivă — tehnologică și productivitatea

Deși prezintă anumite interferențe cu punctul anterior, am simțit nevoia de a separa această idee pentru un anumit element specific ce apare.

Soluția constructivă poate fi realizată cu rezultate asemănătoare, prin mai multe tehnologii. Cea aleasă însă trebuie să permită un lucru suplimentar: să asigure aplicarea unei cât mai largi mecanizări și automatizări a montajului la produsele de serie și o tehnologie de montaj optimă, în cazul unor unicate. Introducerea manipuletoarelor și roboților, a celulelor flexibile, a unor mașini specializate, poate conduce la realizarea unei productivități ridicate, adesea de ordinul a 2—3 ori mai mari.

Calitatea

Calitatea unui produs nou se naște încă din faza de cercetare, se desăvârșește în industrie și se păstrează în exploatare. Toți acești factori trebuie să fie uniți pentru păstrarea performanțelor impuse unui produs nou. Orice minimalizare sau exagerare a unuia din ei are implicații adânci, ce se reflectă în corelația preț — performanță, în opțiunea pentru generalizare.

Exigența față de calitate crește, deși se pare că rațiuni de preț impun totuși o anumită gradare a tratării. Spre exemplu, nu este rațional să vopsești un produs care funcționează în climat normal, după o tehnologie pe care o practici pentru unul destinat a funcționa în climat arctic sau tropical; sau, nu vei impune unui micromotor pentru o jucărie pretențiile pe care le cere un micromotor destinat unei platforme giroscopice ce intră în dotarea unei aeronave.

În evaluarea calității se prefigurează crearea de sisteme automate, cu prelucrarea rezultatelor pe calculator, care să permită reducerea timpului de investigare, creșterea gradului de încredere în încercarea efectuată și evitarea factorilor subiectivi pe care-i poate introduce omul în evaluarea calității.

Tipizarea — o cerință de bază a unei industrii moderne

O tipizare corectă a unei fabricații trebuie să răspundă interesului pe care îl are atât fabricantul cât și utilizatorul. Între tendința fabricantului de a avea un număr cât mai redus de tipodimensiuni, justificat de pregătirea de fabricație și de posibilitatea de creștere a seriei de fabricație, și dorința beneficiarului de a dispune de cât mai multe tipodimensiuni, pentru a utiliza cât mai economic un material, cum este cazul tablelor, benzilor, țesăturilor, trebuie stabilit un compromis, alegând acele dimensiuni care pe ansamblu să poată conduce la o eficiență economică optimă.

Prin acțiunea de tipizare desfășurată la nivelul întregii industrii se scontează obținerea unor avantaje deosebite. Astfel, prin specializarea în producție, prin creșterea seriilor de fabricație, devine posibilă folosirea unor utilaje de înaltă productivitate, ceea ce are drept consecință realizarea de produse cu performanțe înalte și prețuri de cost competitive. Trebuie de asemenea remarcat faptul că realizarea de produse și utilaje noi, construite din module și piese tipizate, va conduce la reducerea ciclurilor de concepție, de asimilare în fabricație, asigurând totodată și o creștere a fiabilității acestora. Spre exemplu, în domeniul mașinilor electrice speciale pentru comanda avansului la mașinile unelte s-a reușit cu un număr redus de subansamble (doar 6) să se poată realiza un număr de 45 tipodimensiuni de motoare, cu avantaje economice marcante, atât la fabricant cât și la utilizator. Pe plan mai larg, existența modulelor tipizate permite realizarea de utilaje cu un grad larg de utilizare, multifuncționale, satisfăcând atât obiectivul furnizorului, de a realiza piese și suban-

samble în serii cât mai mari, cât și al beneficiarului, ca produsul pe care îl cumpără să realizeze un număr cât mai ridicat de funcțiuni.

Trebuie remarcat de asemenea că un grad ridicat de tipizare a producției conduce în egală măsură la obținerea unor importante economii de material și de energie în cadrul proceselor de fabricație. De asemenea, în strinsă corelare cu standardizarea produselor, tipizarea permite o asigurare optimă a pieselor de schimb, interschimbabilitatea rapidă și sigură a unor subansamble sau produse, cu o întreținere și exploatare simplificată.

Documentarea științifică și generalizarea rezultatelor valoroase,

— pîrghii ale progresului tehnic

Am ales aceste două extremități ale dezvoltării și economizării unei soluții pentru că revoluția tehnico-științifică este însoțită de o explozie a informațiilor necunoscută pînă la această dată. Necesitatea de a găsi soluții pentru probleme încă nerezolvate, face ca specialistul să simtă nevoia de a-și prezenta rezultatele și de a pune în atenția altor colegi întrebări la care nu a găsit răspunsuri; ele vor genera în lanț participări ale altor specialiști, întrebările noi și răspunsurile la acestea dezvoltînd continuu spirala cunoașterii. Și aceasta specialistul o face, publicîndu-și rezultatele, comunicîndu-le la manifestări științifice sau brevetînd acele elemente considerate ca priorități.

Cît despre numărul acestor informații trebuie arătat că acesta este impresionant, creșterea urmînd o lege exponențială; parcurgerea și selecția lor nu mai poate fi făcută eficient, în majoritatea cazurilor, prin mijloace obișnuite, de unde pătrunderea masivă a calculatoarelor, cu facilitățile pe care acestea le oferă: stocarea informațiilor, selectarea lor după tema dată și regăsirea unei informații la o cerere impusă. Aș aminti un fapt care determină o atenție cu totul specială pentru această problemă. O anchetă a unei firme recunoscute, asupra tematicilor ce o preocupau la un moment dat, a evidențiat că acestea fuseseră rezolvate în brevete și patente publicate cu 10—15 ani în urmă. Iată o primă concluzie ce se poate desprinde: necesitatea ca orice lucrare nouă de cercetare-dezvoltare ce urmează a fi abordată să fie precedată de o profundă analiză a literaturii de specialitate, a fondului de patente, a tezelor de doctorat. Pentru că toate aceste fonduri de informații, cunoscute din timp, creează premisele unei utilizări optime a forței de concepție de care se dispune, cu atît mai stringent cu cît obiectivele propuse sînt mai numeroase, mai com-

plexe, și cu cât forțele și resursele angrenate în aceste programe sînt limitate. Această documentare, act esențial în procesul de creație tehnică, nu trebuie acceptată doar ca principiu, ea trebuie stimulată, iar politica de carte, de difuzare a cunoștințelor tehnice în masa specialiștilor poate crea „plasma“ din care să se dezvolte mari străpungeri. Pentru că, în egală măsură, o informație comunicată nu are numai valoarea pe care o presupune încadrarea în domeniu și comparația cu rezultatele obținute de diversele colective, ea are și o valoare practică imediată, în generalizarea unor rezultate care, aplicate inițial în anumite domenii, își pot găsi o extinsă aplicare și în alte sectoare, cu implicații economice deosebit de favorabile.

Pentru țara noastră, care a trecut în cincinalul 1986—1990 într-o nouă etapă, aceea a dezvoltării intensive a industriei, generalizarea rezultatelor prezintă o deosebită importanță, datorită efectelor pe care le generează în plan tehnic, economic, al organizării și modernizării, de unde rezultă interesul major de a publica ce este mai valoros atât din experiența proprie, cât și din cea obținută în alte țări.

În acest sens, experiența seriei mai vechi editate de Editură Tehnică — „AMC“, (pentru domeniul automaticii, informaticii, tehnicii de calcul, și managementului) este lăudabilă. Sperăm ca și această nouă serie „TCMM“, consacrată domeniului tehnologiilor moderne în industria prelucrătoare, să devină o platformă activă de schimb de experiență și vehiculare a informațiilor între specialiști, un mijloc util de promovare a progresului tehnic.

CONCEPTE ȘI STRATEGII DE INTRODUCERE A TEHNOLOGIILOR MODERNE

Tendințe noi în știința materialelor metalice

Prof. emerit dr. doc. ing. *Suzana Gâdea*
Membru corespondent al Academiei R.S.R.

Congresul științei și învățămîntului din 28.XI.1985, puternic marcat de cuvîntarea tovarășului **NICOLAE CEAUȘESCU**, secretarul general al partidului și de cuvîntul tovarăsei academician doctor inginer **ELENA CEAUȘESCU**, președintele Consiliului Național al Științei și Învățămîntului, a pus în fața științei românești obiectivul stringent de orientare rapidă spre tehnologiile moderne, revoluționare, din toate domeniile tehnice. Cercetării științifice în metalurgie i se cere, așa cum se precizează în Raportul la Congres, „să dezvolte printr-o largă colaborare multidisciplinară cu fizica, chimia și construcția de mașini, tehnologii neconvenționale . . . , să se înscrie în programele multidisciplinare de înlocuire a tehnologiilor mari consumatoare de energie, să contribuie la creșterea calității produselor, a ponderii și varietății produselor metalurgice speciale, la reducerea substanțială a consumurilor de materii prime“.

Într-o asemenea perspectivă apare oportun un tur de orizont al tendințelor pe plan mondial în cercetarea științifică și în dezvoltarea tehnologică în metalurgie, în știința materialelor metalice.

Progresele din ultimii ani și previziunile pentru viitorul imediat marchează pași importanți în toate sectoarele vastei industrii metalurgice: aliaje neferoase și oțeluri, superaliaje, materiale cu destinații speciale, tehnologii de tratament termic, de turnare și deformare plastică, procedee și materiale de sudare și lipire, metalurgia pulberilor, tratamente superficiale și acoperiri.

Evident că, dată fiind vastitatea domeniului, nu toate aceste progrese și orientări pot fi consemnate, o selecție impunîndu-se atît ca obiect, cît și ca extensie a prezentării.

În domeniul care deține ponderea cea mai mare în producția metalurgică, acela al oțelurilor, accentul este pus în ultimii ani mai puțin pe crearea de noi mărci și mai mult pe ridicarea calității mărcilor tradiționale, prin tehnologii de elaborare și prelucrare în semifabricate și produse finite foarte îngrijite și pe modalitățile de protecție contra celor mai variate tipuri de coroziune, dat fiind tributul anual ridicat pe care îl reprezintă scoaterea din uz, datorită coroziunii, a pieselor și echipamentelor de oțel.

În domeniul *materialelor metalice neferoase* sînt în actualitate atît metalele și aliajele clasice ce dețin o pondere importantă (Al, Cu, Zn, Pb), cît și aliajele unor metale intrate mai de curînd în producția industrială, dar care dețin aplicații de prim ordin în industriile de vîrf (aliaje de titan, superaliaje pe bază de nichel, compuși intermetalici, sticle metalice ș.a.).

În domeniul *aluminului* și al *aliajelor de aluminiu* se conturează și se accentuează tendințe noi în diversitatea mărcilor, în diversificarea aplicațiilor și în introducerea de noi tehnologii de fabricație.

Dintre noile aliaje, cele mai spectaculoase sînt aliajele aluminiu-litiu, cărora li se prevede o poziție proeminentă în construcțiile aeronautice. Astfel, aliajul Al—3Cu—2Li—0,1Zr începe să fie livrat comercial ca o nouă alternativă pentru zircral-ul durificat prin precipitare, avînd o densitate de 2,6 g/cm³, rezistența la rupere la tracțiune, sub formă de piese forjate, de 48,6 daN/mm², limita de curgere 41,5 daN/mm² și reziliența de 2,2 pînă la 2,7 daNm/cm². De remarcat că noul aliaj nu prezintă susceptibilitate la coroziune sub tensiune, tipică zircralului, fiind capabil să suporte în medii corozive solicitări pînă la 17 daN/mm². În Japonia a fost dezvoltat în curînd un nou aliaj de aluminiu cu 4—5% Mg, 1% Li și mici adaosuri de elemente suplimentare nespecificate. Aliajul destinat componentelor din construcția reactorilor bazați pe fisiune nucleară are, pe lîngă proprietăți mecanice convenabile, și o serie de particularități specifice, cum sînt: o activitate reziduală extrem de scăzută și o conductivitate electrică foarte mică (20% față de a cuprului standard).

O problemă specifică noilor aliaje cu litiu este cea a pierderii acestui metal foarte reactiv prin volatilizare sau oxidare superficială la încălzirile pentru deformare plastică sau pentru tratament termic. Efectul este pus în evidență în micrografia din fig. 1.1, înregistrată la mărire 250 : 1, după atac cu 20% acid acetic + 1% HNO₃ + 19% H₂O + 60% glicerină. Micrografia pune în evidență microstructura unui aliaj de Mg cu Li (aliajul Mg + 12% Li + 3% Al durificabil prin precipitare) în care se observă precipitate de compus Al—Li în matricea de soluție solidă. La suprafața materialului este pus în evidență stratul sărăcit în litiu.

În domeniul noilor aplicații este de menționat pătrunderea tot mai pronunțată a aliajelor de aluminiu în construcția automobilelor și a materialului rulant pentru căile ferate. Astfel, este prevăzut ca în 1986 jumătate din autoturismele și camioanele produse în Statele Unite ale Americii să fie echipate cu radiatoare confecționate din aliaje de Al. În comparație cu radiatoarele clasice din Cu sau din alamă, noile radiatoare din aliaje de Al prezintă avantajul unei reduceri de greutate cu 20—40%, cheltuielile de prelucrare prin așchiere fiind comparabile. Două inovații deschid calea aplicării aliajelor de Al ca material pentru radiatoare: punerea la punct a unor procedee de brazare în vid și invenția unui nou aliaj de lipire moale destinat reparațiilor. Utilizarea largă a aliajelor Al—Mg—Si tratate termic pentru numeroase componente solicitate mecanic din construcția automobilelor (produse de firma Volvo), precum și înlocuirea sudurilor prin îmbinări cu adezivi au condus la reduceri de greutate ale autovehiculului, cu micșorarea corespunzătoare a consumului de carburant, reduceri ce se traduc în cîștiguri de 24—34 km/litru și

creșteri ale vitezei pînă la 185 km/h. Pentru construcția vagoanelor de marfă sînt avute în vedere noi aliaje de Al, în special pentru transportul cărbunelui.

Dintre tehnologiile noi ce cîștigă teren în producerea pieselor din aliaje de Al se numără metalurgia pulberilor. În seria aliajelor de tip zincral (Al—Zn—Cu—Mg—Mn), noi mărci prelucrate prin metalurgia

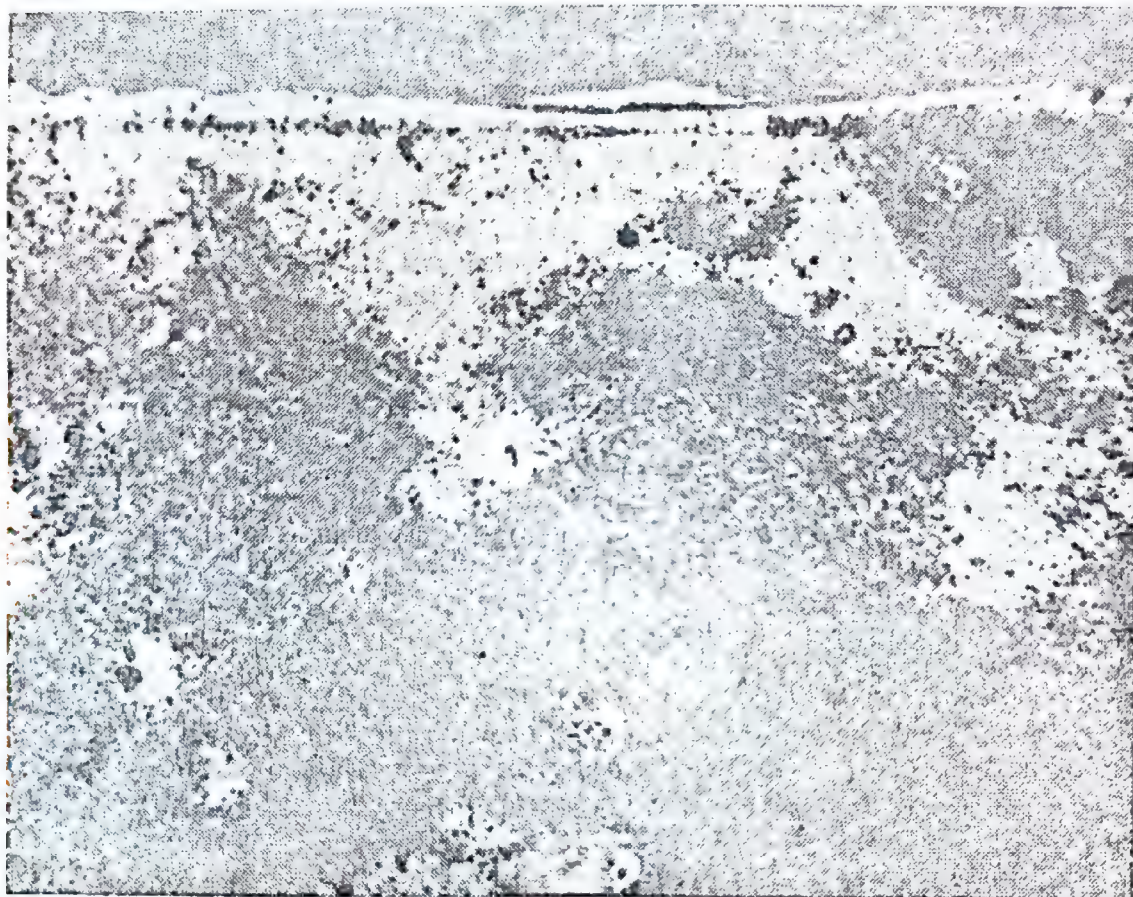


Fig. 1.1.

pulberilor, urmată de forjare, au permis dublarea rezilienței. De deosebit interes este obținerea din pulberi solidificate ultrarapid, prin metodele specifice călirii din stare lichidă, a unor aliaje Al—Fe—Ce, considerate ca posibili înlocuitori ai aliajelor de titan pentru aplicații în construcția motoarelor cu turbină.

Merită să ne oprim puțin asupra acestor noi aliaje de aluminiu cu metalele de tranziție (între care în primul rînd fierul), pentru că ele reprezintă produsul unei tehnologii noi, cu adevărat revoluționare în metalurgie, și anume solidificarea ultra-rapidă cu viteze de răcire ce se apropie de un milion de grade/s. Pentru punerea exactă a problemei, îmi permit să prezint cîteva imagini de microstructură obținute prin microscopie optică. În fig. 1.2 este prezentată la mărime de 200 : 1, după atac cu solu-

ție de 10% HF, microstructura aliajului Al+6% Fe solidificat prin turnare clasică. Cu această structură aliajul este complet neutilizabil, întrucât fierul este practic insolubil în Al (solubilitatea-limită în stare solidă în condiții de echilibru fazic este 0,05% Fe la 655° și practic zero la temperatura ambiantă). Așa cum se constată din micrografie, fierul din compoziția aliajului este fixat în compusul intermetalic fragil Al_3Fe care



Fig. 1.2.

apare în microstructură atât sub formă de cristale primare proeutectice cu aspect idiomorf, cât și sub forma unei dispersii de cristale groșiere în eutecticul nelamelar (Al+ Al_3Fe).

Călirea din stare lichidă prin tehnici de solidificare ultrarapidă, de tipul celor utilizate pentru obținerea de aliaje amorfe sau de sticle metalice, transformă aliajul Al+6% Fe într-un material ductil și tenace de mare rezistență mecanică, superior aliajelor de aluminiu clasice (avial-uri, dural-uri, zircal-uri). Această schimbare spectaculoasă de proprietăți se datorește unor modificări în microstructură nerealizabilă prin modalitățile clasice de prelucrare metalurgică. În cercetările noastre de aplicare a solidificării ultra-rapide cu o aparatură de extracție din topitură concepută și realizată la catedra de Metalurgie fizică din Institutul Politeh-

nic București, s-au pus în evidență modificările structurale răspunzătoare de această îmbunătățire radicală a proprietăților mecanice. Așa cum se constată din micrografia optică din fig. 1.3, înregistrată la mărima 800 : 1, a avut loc o extensie considerabilă a solubilității în stare solidă a fierului în Al. Microstructura arată că aproape tot fierul din compoziție se află în soluție solidă în fier, aliajul solidificat ultra-rapid fiind format

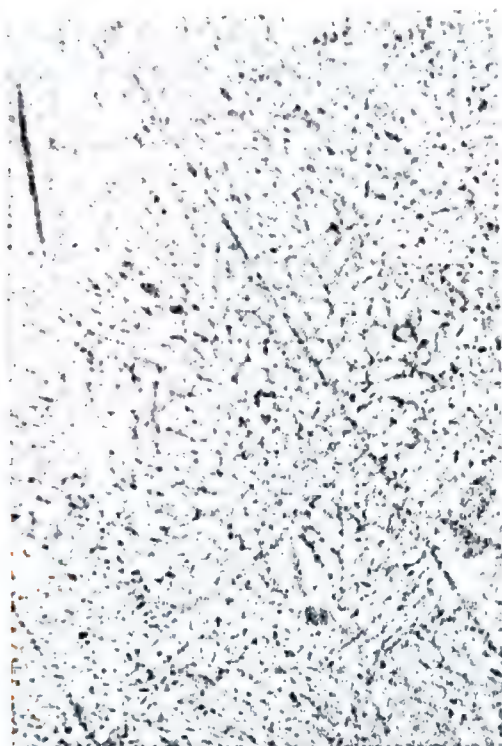


Fig. 1.3.

aproape în totalitate din cristale dendritice de soluție solidă. La viteza de răcire la solidificare de $100\,000^{\circ}/s$ pe care noi am realizat-o, mai există foarte puțin fier nedizolvat, prezent în compusul Al_3Fe din eutecticul ultrafin, care apare în microstructura sub formă de pelicule interdendritice extrem de subțiri.

În industria produselor de *cupru și de aliaje de cupru*, de asemenea, eforturile sînt concretizate în noi aliaje și în noi aplicații. În familia aliajelor de Cu de înaltă performanță, de curînd a fost produs un aliaj Cu—Ni—Al—Mg—Mn care prezintă, fără tratament termic, proprietăți comparabile cu ale *bronzurilor cu beriliu durificate prin precipitare*. Aliajul cu valori ale limitei de curgere între 69 și $91\,daN/mm^2$, prezintă remarcabile proprietăți de elasticitate (în aplicații la arcuri este presupus că își păstrează 90% din tensiunea inițială după 10 ani de serviciu la $105^{\circ}C$).

În domeniul *aliajelor de titan*, progresele se axează pe actualele tendințe de aplicare a metalurgiei pulberilor și a prelucrării prin deformare în stare superplastică. La fel de remarcabile sînt crearea de noi aliaje cu preponderență din clasa structurală beta și lărgirea cîmpului de aplicații în special în construcția echipamentului de foraj solicitat la coroziune.

Noile aliaje de mare rezistență ale titanului aparțin clasei structurale beta, ca de exemplu aliajele Ti—15V—3Cr—3Al—3Sn (numit aliaj Ti—15—3); Ti—3Al—8V—3Cr—4Mo—4Zr (numit aliaj Beta C); Ti—6Al—2Sn—4Zr—6Mo; Ti—10V—2Fe—3Al sau Ti—15Mo—5Zr—3Al. Toate aceste aliaje sînt tratabile termic prin durificare prin precipitare.

În micrografia din fig. 1.4 sînt puse în evidență precipitatele cu morfologie lamelară de fază α (soluție solidă în Ti cu rețea cristalină hexagonală compactă) separate din faza β (soluție solidă în Ti β cu rețea cristalină cubică cu volum centrat); microstructura aparține aliajului Ti + 5% Cr + 3% Al la mărire 250 : 1, după atac cu soluție 20% HF + 20% HNO_3 + 60% glicerină. Aceste aliaje, pe lîngă proprietățile mecanice la temperaturi ridicate, prezintă rezistență chimică în medii cu pH

scăzut și cu concentrații ridicate de ioni de clor, la care nu rezistă nici oțelurile inoxidabile, nici aliajele pe bază de nichel. Aceste aliaje de titan sînt în prezent în studiu în cele mai severe condiții de mediu cunoscute și prezintă aplicații potențiale de mare anvergură în construcții aeronautice și în construcția echipamentului din industria petrolieră pentru situații cînd concură atît temperaturile ridicate, cît și mediile agresive de H_2S și CO_2 .

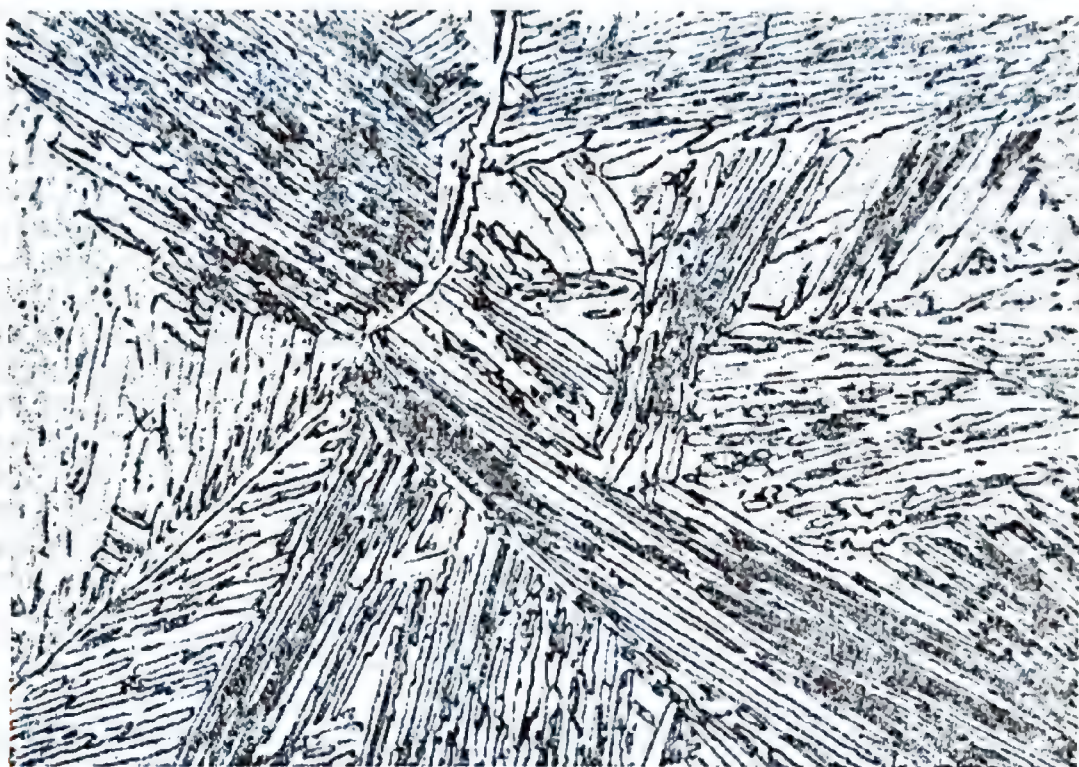


Fig. 14.

Potențialul noilor aliaje este pus în valoare prin aplicarea unor tehnologii speciale de fabricație a pieselor. Astfel, se consideră că metalurgia pulberilor este cheia dezvoltării acestor noi aliaje. Piese confectionate prin presare și sinterizarea pulberii din noul aliaj din grupa beta $Ti-10V-2Fe-3Al$ prezintă o reziliență cu 45% mai mare decît în cazul aliajului clasic $Ti-6Al-4V$, la același nivel al rezistenței la tracțiune de 83 daN/mm². Se presupune că reziliența va putea fi chiar dublată prin utilizarea unor pulberi de înaltă puritate lipsite de incluziuni. Dificultățile care apar la sinterizarea aliajului clasic, cum sînt tensiunile reziduale și distorsiunile sînt complet eliminate în cazul noului aliaj, iar tratamentele termice post-consolidare nu mai sînt necesare, piesele putînd fi utilizate direct în stare sinterizată.

Proiectarea asistată de calculator pentru producerea pieselor prin deformarea aliajelor de titan în stare superplastică este o altă noutate tehnică importantă. În acest scop sînt studiate aliaje produse prin meta-

lurgia pulberilor, ce conțin fracții egale de fază beta, cu proprietăți bine echilibrate de plasticitate și rezistență mecanică.

În acest context, este demn de relevat că prelucrarea aliajelor în stare superplastică este una din realizările remarcabile recente ale științei materialelor metalice. Într-adevăr, superplasticitatea, reprezentată prin capacitatea unor aliaje de a se deforma plastic cu grade de deformare inimaginabile în trecut (de ordinul miilor de procente) la temperaturi superioare temperaturii de recristalizare și la viteze de deformare lente de ordinul 10^{-3} s^{-1} fără risc de rupere prematură prin gîtuire, este o proprietate tehnologică condiționată structural. În relația între tensiunea de curgere σ_c și viteza de deformare v_d , exponentul m al vitezei de deformare este decis de structura materialului. Pentru materialele metalice obișnuite, m are valori între 0,2 și 0,3 pe cînd pentru fluidele newtoniene (cum sînt sticlele silicaticice la cald) m are valoarea 1. Între aceste limite se situează aliajele superplastice cu valoarea m între 0,5 și 0,8. Această valoare înaltă pentru indicele m de sensibilitate al vitezei de deformare este condiționată de existența unor grăunți cristalini ultrafini (~ 10 microni), finețea granulației fiind stabilă la temperaturi superioare temperaturii de recristalizare a fazei plastice a aliajului. Cele două condiții sînt contradictorii întrucît temperatura ridicată conduce la creșterea grăunților în metale și aliaje monofazice. Stabilizarea fineții granulației este posibilă prin introducerea în soluția solidă ce constituie matricea ductilă a aliajului a unei proporții apreciabile (pînă la 50%) de compuși intermetalici, fie în amestecuri eutectice sau eutectoide, fie sub formă de precipitate disperse. Problema care se pune științei materialelor este aceea că nu totdeauna aliajele axate pe compoziția eutectică sau eutectoidă la care s-a obținut comportarea superplastică au proprietăți mecanice satisfăcătoare, pentru aplicații industriale. În acest domeniu, cercetarea fundamentală din știința materialelor mai are încă un cuvînt greu de spus pentru a se ajunge la ceea ce Metalurgia fizică modernă numește design al aliajelor, adică o proiectare deliberată pe criterii teoretice structurale a compozițiilor optime.

În domeniul aliajelor pe bază de zinc poziția proeminentă o dețin aliajele Zn—Al (așa-numitele aliaje ZA), utilizate ca aliaje de turnare în forme permanente de grafit, în cochile metalice și prin procedeul cu cameră caldă. Interesul major pentru aceste aliaje îl constituie utilizarea lor ca materiale antifricțiune pentru confecționarea cuzineților în utilajul minier și în alte utilaje grele, înlocuind aliajele clasice pe bază de cupru. Aliajele ZA și în special aliajul Zn—27Al cîștigă teren și în alte domenii de aplicații, ca în echipamentul hardware pentru computere și în electronică, pentru diverse mașini și pentru anumite repere din construcția autovehiculelor. Există indicații că aliajul de turnare Zn—27Al va putea fi supus și extrudării. Alte aliaje ZA, cu 8, respectiv 12% Al se impun prin proprietățile lor. Aliajul ZA—8 combină în stare turnată caracteristici mecanice ridicate (limită de rupere la tracțiune 36,5—38,5 daN/mm², limită de curgere 28,5—29,5 daN/mm², alungire la rupere 6—10%) cu o perfectă capacitate de finisare a suprafeței prin cromare, utilizînd procedeul obișnuit de electroplacare în succesiunea Cu—Ni—Cr. Aliajul

ZA—12, cu o foarte bună fluiditate a permis turnarea de piese cu pereți foarte subțiri (pînă la 1,8 mm grosime); pentru comparație se precizează că în cazul aliajelor de Al, o umplere la fel de bună a formei nu poate fi obținută decît la grosimi de perete $s=8,9$ mm.

În micrografia din fig. 1.5 este pusă în evidență, la mărire 500 : 1, după atac cu soluție 20% HF + 20% HNO₃ + 60% glicerină, microstructura

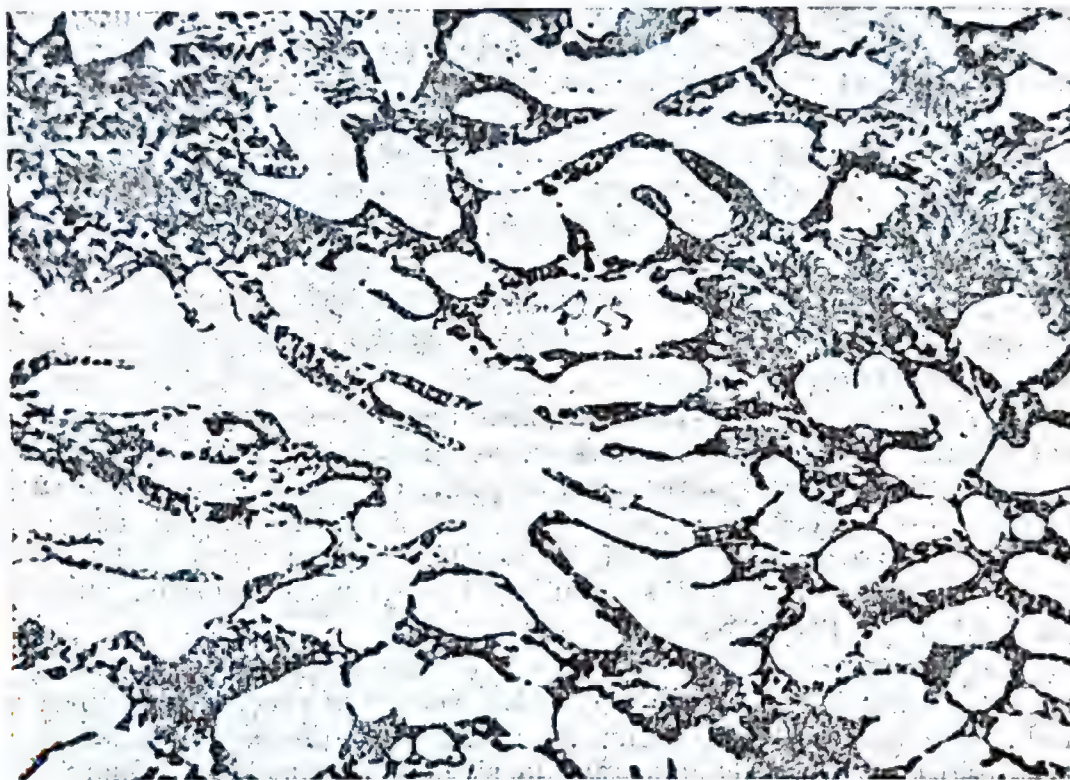


Fig. 1.5.

unui aliaj Zn + 4% Al + 0,04% Mg. Se observă structura tipică de turnare cu dendrite de soluție solidă terminală pe bază de Zn și cu zone interdendritice de eutectic (Al + Zn).

În domeniul aliajelor de magneziu se conturează schimbări impresionante în proprietăți și aplicații ca urmare a unor tehnologii de mare eficiență. Astfel, prin producerea unor aliaje de turnare de mare puritate se realizează o rezistență la coroziune remarcabilă. Prin solidificare ultrarapidă se obțin structuri cu granulație ultrafină, iar prin tehnici speciale de tratare a suprafeței pieselor se elimină impuritățile superficiale. Calitățile realizate pe aceste căi largesc câmpul de aplicații al aliajelor de magneziu în construcția automobilelor și în construcții aeronautice și aerospațiale. În plus, o serie de compozite cu matricea din aliaje de Mg se află în etapa de testare pentru a fi utilizate în construcția de motoare pentru piese la care reducerea de greutate este esențială. Un astfel de compozit durificat cu alumina îmbină, de exemplu, o rezistență la coro-

ziune specifică noilor aliaje de Mg pentru turnare cu o excelentă rezistență la uzură.

Plumbul este prevăzut să devină un metal esențial în gospodărirea energiei electrice. Sînt deja în studiu programe de construcție a unor baterii acide cu Pb de 10 MWh și de 50 MWh, proiectate a se încărca în timpul nopții, cînd consumul de energie este redus. Energia unor astfel de baterii va putea fi livrată în perioada vîrfului de putere cerută dimineața și seara, eliminîndu-se astfel necesitatea unor turbine cu combustibil care să debiteze numai în perioadele de vîrf. Fiecare megawatt de putere înmagazinat în astfel de baterii reclamă 160 t de Pb. Utilizarea bateriilor cu Pb la acționarea unor vehicule electrice este, de asemenea, în ascensiune. Această soluție este mai economică de exemplu pentru autovehiculele de sol din aeroporturi, vehicule care sînt utilizate intermitent, cu numeroși timpi morți. În timpii de staționare, vehiculele propulsate de motoare cu combustie, consumă combustibil și suferă uzură, ceea ce nu se întîmplă la vehiculele alimentate de baterii acide cu Pb.

În domeniul *materialelor cu utilizări speciale*, cîteva direcții cunosc dezvoltări remarcabile.

Astfel, *materialele supraconductoare* pentru magneti cu aplicații în fizica energiilor înalte și pentru reținerea plasmei fierbinți a reactorilor cu fuziune nucleară își măresc performanțele. Astfel, compusul supraconductor clasic Nb_3Sn își poate mări considerabil cîmpul critic prin adaosuri de cîteva procente de Ti, Ta sau Ga. Pentru viitor sînt avute în vedere materialele cu valori și mai mari ale cîmpului critic, cum sînt compușii NbN sau $PbMo_6S_8$ sau sticlele metalice.

Sticlele metalice sau aliajele amorfe obținute prin solidificarea ultrarapidă a topiturilor metalice reprezintă o realizare recentă a științei materialelor. De la descoperirea lor, acum un sfert de secol, ele au trecut de la simple curiozități de laborator la situația de produse industriale cu proprietăți remarcabile ca materiale magnetice de înaltă performanță, ca materiale rezistente chimic, ca materiale ultra-rezistente mecanic, ca aliaje de stocare a hidrogenului ș.a. Absența cristalinității în sticlele metalice și interacțiunile puternice exercitate la scurtă distanță între atomii constitutivi la compozițiile specifice aliajelor amorfizabile, produc o gamă de proprietăți și comportări unice ale acestor noi materiale.

Absența cristalinității conduce la valori extrem de ridicate ale duriității și rezistenței mecanice (de ordinul 1 000 unități Vickers), dar asociate cu o neașteptată ductilitate, la o extremă ușurință de magnetizare, la o atenuare foarte redusă a undelor acustice și la o rezistivitate electrică apreciabilă. Omogenitatea structurală și compozițională conduce la o mare rezistență la coroziune electrochimică, comparabilă pentru unele din aceste aliaje, cu rezistența chimică a platinei. Solubilitatea reciprocă practic nelimitată a elementelor chimice componente în sticlele metalice, în comparație cu solubilitățile limitate manifestate de majoritatea sistemelor de aliaje cristaline, stă la baza unor proprietăți de transport electronic la temperaturi joase remarcabile de supraconductibilitate pe care le-am amintit. Aplicațiile industriale actuale și de perspectivă ale sticle-

lor metalice se bazează pe aceste proprietăți, dar și pe o calitate vitală din punct de vedere tehnologic. Sticlele metalice pot fi obținute sub formă de sîrmă sau bandă prin solidificarea ultra-rapidă a topiturii într-un mod asemănător în principiu cu producerea firelor și plăcilor de sticlă obișnuită. Evident, că acest avantaj tehnologic care evită procesele consumatoare de timp și energie prin care se prelucurează prin deformare plastică și tratament termic sîrmele și tablele din materialele metalice uzuale policristaline, constituie un punct de atracție ce stimulează interesul industriei pentru aplicarea sticlelor metalice în anumite domenii speciale.

Materialele clasice pentru termocuplele de măsurare a temperaturilor înalte, confecționate din metale platinice vor putea fi înlocuite prin noi aliaje bazate pe metale comune, prin realizarea noului termocuplu Nicrosil-Nisil. Acesta combină Nicrosilul (un aliaj Ni—Cr—Si) cu Nisilul (un aliaj Ni—Si—Mg). Noul termocuplu prezintă performanțe superioare la temperaturi peste 1300°C în condiții de mare severitate, cum sînt iradierea cu neutroni sau mediile oxidante. Aplicațiile prevăzute includ măsurarea temperaturilor de funcționare în turbinele cu gaz și în reactorii nucleari, precum și măsurători de temperatură pe termen lung în dispozitive electronice și semiconductoare.

În domeniul superaliajelor rezistente chimic și mecanic la temperaturi înalte, accentul este pus pe ridicarea performanțelor prin tehnologii de elaborare și prelucrare sofisticate, cum sînt procedeele RAV (retopire sub vid în arc cu dublu electrod), REZ (rafinare electrică sub zgură), TFE (topire în fascicul de electroni) ș.a. Utilizările clasice ale acestor aliaje în construcția turbinelor cu gaze și a motoarelor cu reacție se amplifică prin luarea în considerare a noilor necesități ale industriilor de recuperare și reprocesare, în care intervin procese în fază gazoasă în medii extrem de corozive. Peste 30 din actualele aliaje pentru temperaturi înalte sînt testate pentru a răspunde acestor cerințe care impun temperaturi de serviciu între 540—1260°C în cele mai variate atmosfere corozive cu acțiune oxidantă, carburantă, sulfurantă, clorurantă, precum și în metale lichide și săruri topite. Rezultatele preliminare au identificat deja un aliaj pe bază de nichel cu 10% Cr—2,5% Fe—4,5% Al și adăsură de Ytriu care răspunde acestor condiții.

O altă direcție de acțiune în domeniul materialelor rezistente chimic și mecanic la temperaturi înalte, este reducerea la minimum a utilizării materialelor strategice (Co, Cr, Ta, Nb ș.a.) în construcția turbinelor cu gaze. Alternativele care se oferă în locul superaliajelor consumatoare de astfel de metale sînt compușii echiatomici ai aluminiului cu fierul și nichelul, care se disting prin densitate mică, temperaturi de topire ridicate și rezistență la oxidare. Eforturile sînt dirijate spre îmbunătățirea rezistenței la temperaturi înalte și a ductilității la temperatura ambiantă a acestor noi materiale prin aliere și prin procedee speciale de fabricație. Printre acestea se numără solidificarea ultrarapidă cu viteze de răcire comparabile cu cele aplicate în producerea aliajelor amorfe ($v_r \sim 10^5$ °C/s),

pe această cale reușindu-se obținerea unor aliaje cu granulație ultrafină și cu mare ductilitate în sistemul Al—Fe—Ni.

Materialele compozite și materialele ceramice cîștigă continuu teren în domenii de utilizare pînă de curînd rezervate metalelor, începînd de la piesele din construcția automobilelor, pînă la componente ale aparatelor de zbor aerospațiale.

În micrografiile din fig. 1.6 este prezentată microstructura compozitului cu conținut nominal 90% W + 7% Ni + 3% Fe. La mărire de 250 : 1,

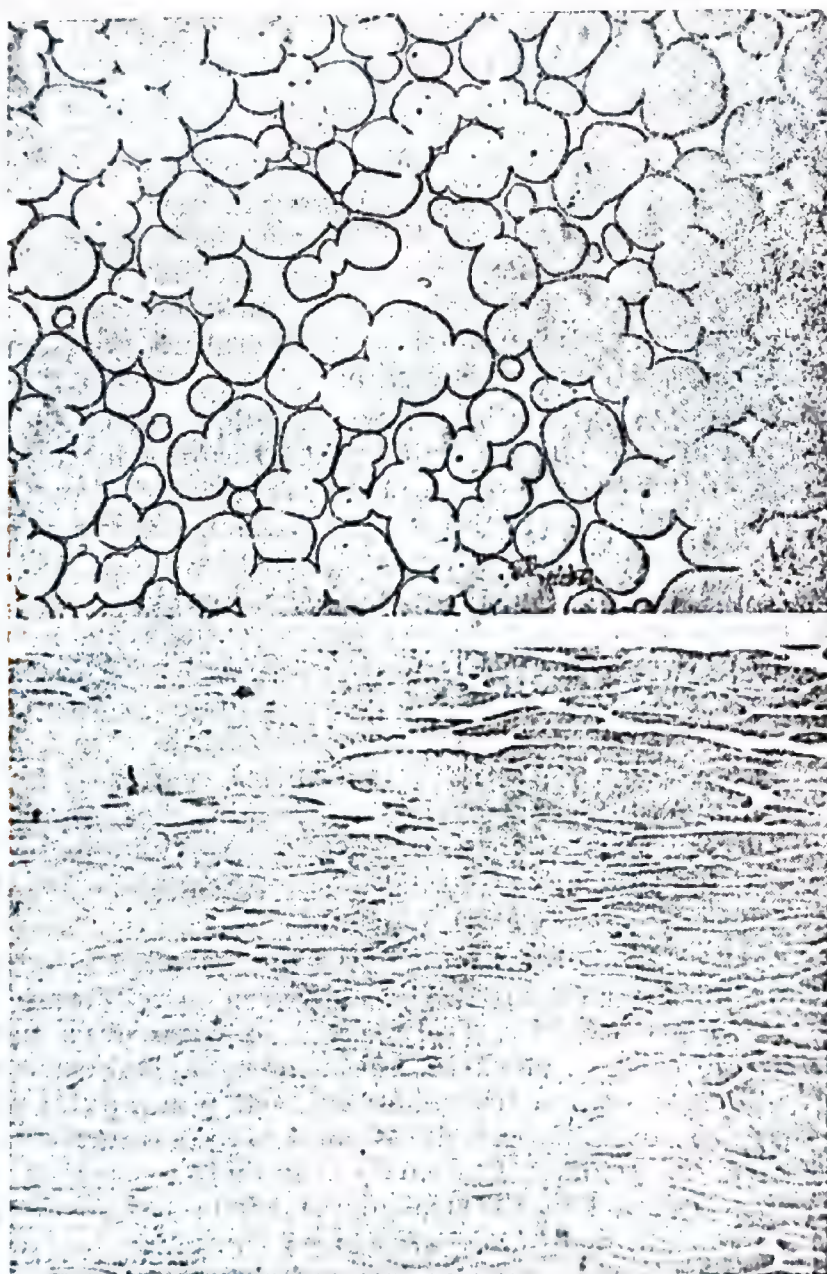


Fig. 1.6.

după atac cu soluție apoasă de 5% NaOH + 5% $K_3Fe(CN)_6$, este pusă în evidență matricea de soluție solidă cu 70% Ni + 30% Fe, precum și particulele de W. Remarcabil este faptul că la deformarea plastică a compozitului (reducere de secțiune cu 90% prin laminare la rece) participă atât matricea, cât și particulele disperse de W care se alungesc așa cum se constată din matricea de jos. Această comportare este interesantă pentru că wolframul neasociat în compozit este fragil la temperatura ambiantă. Faza ductilă din compozit împiedică propagarea fisurilor de la un grăunte la altul al fazei fragile. Compozitele cu fibre continue și matrice metalică sînt de neînlocuit în confecționarea oglinzilor sateliților, întrucît ele se pot apropia mai mult decît oricare alt material de un coeficient de dilatare aproape nul. Totodată, aceste compozite răspund mai bine decît compozitele cu rășini sintetice unei alte cerințe esențiale pentru aceste oglinzi, aceea de a-și păstra strălucirea pe o perioadă de minimum 10 ani, corespunzătoare duratei de funcționare a satelitului. Compozitele durificate cu fibre și matrice metalică încep să-și găsească un cîmp larg de aplicații în domenii strategice. Unul din cele mai noi materiale testate pentru asemenea utilizări este compozitul cu matrice de Mg durificată cu fibre de carbură de bor (B_4C). Acest compozit are un modul de elasticitate superior celui al aluminiului și o densitate la fel de scăzută ca a magneziului, fiind considerat ca un înlocuitor mult mai avantajos al aluminiului pentru părțile componente ale munițiilor, la care raportul modul de elasticitate/densitate este critic.

În afară de compozitele durificate cu fibre orientate unidirecțional, o atenție sporită este acordată compozitelor durificate cu particule disperse. Astfel, pentru compozitele cu matrice de Al și particule disperse de grafit se prevăd aplicații majore în construcția ventilatoarelor și motoarelor, precum și ca material pentru pistoane. Compozitele cu pulbere de talc în matrice de Al sînt testate pentru aplicații ca materiale de fricțiune. Cel mai exotic compozit este cel produs în India, avînd matricea de Al în care se încorporează ca particule disperse materialul rezultat la decorticarea orezului; s-a constatat o legătură perfectă la interfața între metal și silica (rezultată din arderea cojilor de orez) care apare întretesută și cu o mare suprafață specifică.

Materialele ceramice, cum sînt nitrura de siliciu (Si_3N_4) și carbura de siliciu (SiC) apar ca materiale structurale promițătoare datorită capacității lor de a-și menține rezistența mecanică ridicată la temperaturi înalte. Se urmărește creșterea fiabilității produselor prin accentul pus pe calitatea pulberilor și pe metodele de compactizare și consolidare (presare izostatică la cald și sinterizare sub presiune ridicată de azot).

Metalurgia pulberilor își va găsi în viitorii ani, așa cum prevede Federația Industriilor de Pulberi Metalice (M.P.I.F.) utilizări din ce în ce mai largi la nivel mondial, în domeniul construcției de automobile, a echipamentului pentru computere și pentru biomedicină, precum și pentru produsele de performanță în construcțiile aeronautice și aerospațiale.

Progresele în acest domeniu se datoresc în principal noilor tehnici de consolidare a pulberilor în piese. Astfel, procedeul de presare izostatică

la cald (H.I.P.) a progresat considerabil în cei 30 de ani de la apariția sa, încît la finele anului 1985 existau circa 350 astfel de unități în funcțiune în toată lumea. Valoarea produselor realizate prin acest procedeu a fost estimată cu o creștere de la 1 miliard de dolari în anul 1983 la 6 miliarde de dolari în anul 1985.

Printre tehnologiile cele mai noi se numără combinația „sinterizare-presare izostatică la cald” și „sinterizarea asistată de presiune” (P.A.S.). Dezvoltarea procedurii de sinterizare asistată de presiune a pornit de la descoperirea că aliajele de titan sinterizate din pulberi la 95% din densitatea teoretică, puteau fi densificate complet dacă în cursul sinterizării se aplica o mică presiune ($1,4 \text{ daN/mm}^2$). Procedul este mai rapid și mai puțin costisitor decît sinterizarea obișnuită la temperatură înaltă și decît sinterizarea plus presarea izostatică la cald la presiuni ridicate.

Utilizarea presiunilor înalte deschide noi perspective în cadrul procedurii de presare izostatică la temperaturi relativ coborîte. Se prevede extinderea acestei tehnologii pentru obținerea de piese din pulberi de metale refractare, din pulberi de compuși intermetalici refractari, din pulberi ceramice pe bază de siliciu, din pulberi ale unor superaliaje de mare rezistență pe bază de Ni. Compozitele cu matrice metalică pentru componentele motoarelor cu turbină pot fi, de asemenea, produse în condiții avantajoase prin acest procedeu.

Într-o altă arie a tehnologiei de metalurgia pulberilor și anume în sinterizare, accentul este pus pe controlul atmosferelor, pe încălzirea rapidă și pe temperaturile înalte de sinterizare. Ridicarea temperaturii de sinterizare, accelerînd difuzia atomică, mărește caracteristicile mecanice. Sinterizarea cu fază lichidă sau cu aditivi selectați mărește nivelul de sinterizare, iar sinterizarea în vid elimină oxizii superficiali, asigură o mai bună legătură între particule, împiedică decarburarea, asigurînd și proprietăți de exploatare îmbunătățite, ca rezistența la coroziune, ductilitatea și stabilitatea dimensională.

Domeniul tratamentelor termice reprezintă în prezent o arie a tehnologiilor metalurgice în plin proces de modernizare. Computerele și micro-procesoarele joacă un rol din ce în ce mai mare în dirijarea și controlul proceselor, roboții reprezentînd elementul cheie în noile sisteme de tratament termic și termochimic. Alte dezvoltări spectaculoase în domeniul tratamentelor termice și termochimice includ extinderea aplicațiilor pentru nitrurarea ionică și carburarea ionică, aplicarea la nivel industrial a procedurilor de aliare superficială prin implantare ionică, efectuarea de tratamente termice în vid pentru aliaje de titan, pentru aliaje magnetice și pentru metale refractare, protejate superficial, care impun temperaturi de tratament pînă la 1550°C . Se prevede o înlocuire pe scară largă a apei și uleiului ca mediu de călire, prin polimeri (de tip polivinilpirrolidon), atît pentru oțeluri, cît și pentru aliaje de Al. În domeniul atmosferelor de încălzire cîștigă teren atmosferele pe bază de azot și de azot-metanol. Strategia energiei în domeniul tratamentelor termice rămîne marcată de efectele crizei petrolului. Chiar dacă în răstimpul de peste un deceniu de

la declanșarea crizei, în numeroase țări au fost identificate și valorificate noi surse de petrol și gaze naturale, energia ușor accesibilă rămâne în continuare un apanaj fără întoarcere al trecutului. Ca urmare, în domeniul tratamentelor termice vor continua să domine considerentele de reducere a consumului de energie atât în alegerea procedeelor, cât și în proiectarea echipamentului și utilajelor. Din acest punct de vedere, cât și din considerentul major al ridicării calității produselor tratate termic, robotica se impune ca o cale de viitor în tratamentele termice în marea industrie.

Aceleași considerente de reducere a consumului de energie, precum și al consumului de metal intervin în domeniul prelucrărilor prin deformare plastică a materialului metalic. Forjarea la prese cu șurub cu obținerea de piese la forma și dimensiunea finită eliminând prelucrările costisitoare prin aşchiere se dezvoltă în special pentru componentele turbinelor cu abur și ale motoarelor cu reacție. Utilizarea mecanismelor de control electronic prin feedback la toate tipurile de utilaje de deformare plastică, pentru monitorizarea toleranțelor reprezintă o altă direcție eficientă în reducerea consumului de metal. În fine, se acționează în sensul creșterii scoaterii de metal prin utilizarea ca material inițial pentru deformare plastică a lingourilor turnate cu alimentare în sifon, ceea ce elimină numeroase defecte de suprafață și sub suprafață, îmbunătățind, totodată, puritatea fizică și evitând oxidarea metalului.

Una din căile de mare eficiență în îmbunătățirea calității produselor, în care se investește în prezent o mare cantitate de efort științific și tehnologic, o constituie tratamentele superficiale termochimice și de acoperire.

Complexitatea problemei acoperirilor cu straturi rezistente chimic este pusă în evidență în micrografiile din fig. 1.7 și 1.8. Protejarea directă a oțelurilor carbon cu strat de Ti rezistent chimic nu este realizabilă datorită interdifuziei titanului și fierului, ceea ce conduce la o serie de straturi intermediare de compuși fragili Fe—Ti. Soluția la această problemă este intercalarea de straturi convenabile. Astfel, intercalarea unui strat de V sub stratul exterior de Ti (fig. 1.7), conduce la un produs de oțel protejat ce poate suporta operații de prelucrare prin deformare și înlocuirea unor categorii mai scumpe de oțeluri aliate. Așa cum se constată din micrografie, prin interdifuzia între Ti și V se formează un strat ductil de soluție solidă Ti—V. La interfața oțel-V se formează un strat fragil de faze σ și carburi, dar fiind subțire, deranjează mai puțin. O soluție și mai convenabilă, pusă în evidență în micrografia din fig. 1.8, soluție care elimină complet straturile intermediare fragile, este depunerea de trei straturi în succesiunea Cu, V, Ti, întrucât fiecare din aceste metale sînt compatibile cu metalele din straturile adiacente.

În ultimii ani, activitatea din domeniul tratamentelor termochimice s-a concentrat pe straturile de acoperire pentru protecția la uzură, fără a se neglija însă acoperirile de mărire a rezistenței la coroziune și tehnicile de îmbunătățire a calității suprafețelor. Una din realizările majore o constituie dezvoltarea procedeelor de depunere fizică din vapori a ni-

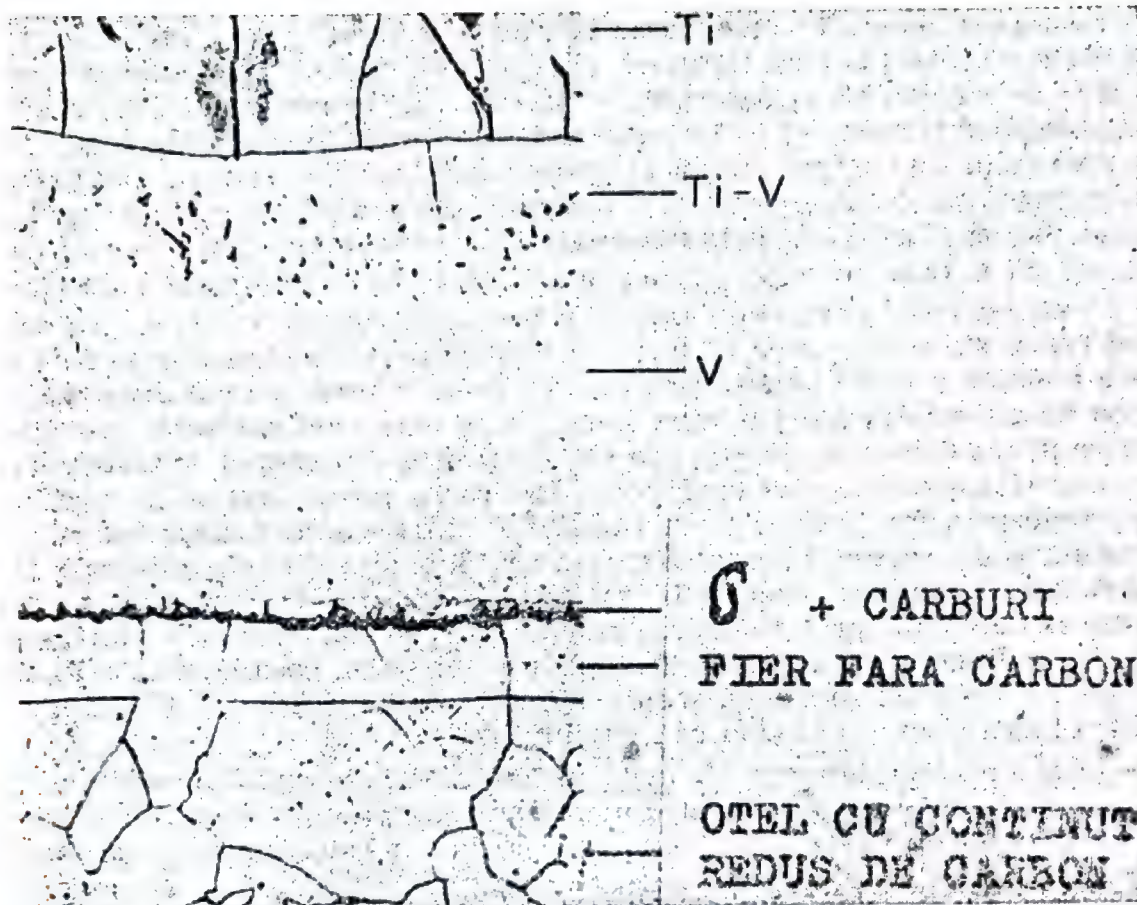


Fig. 1.7.

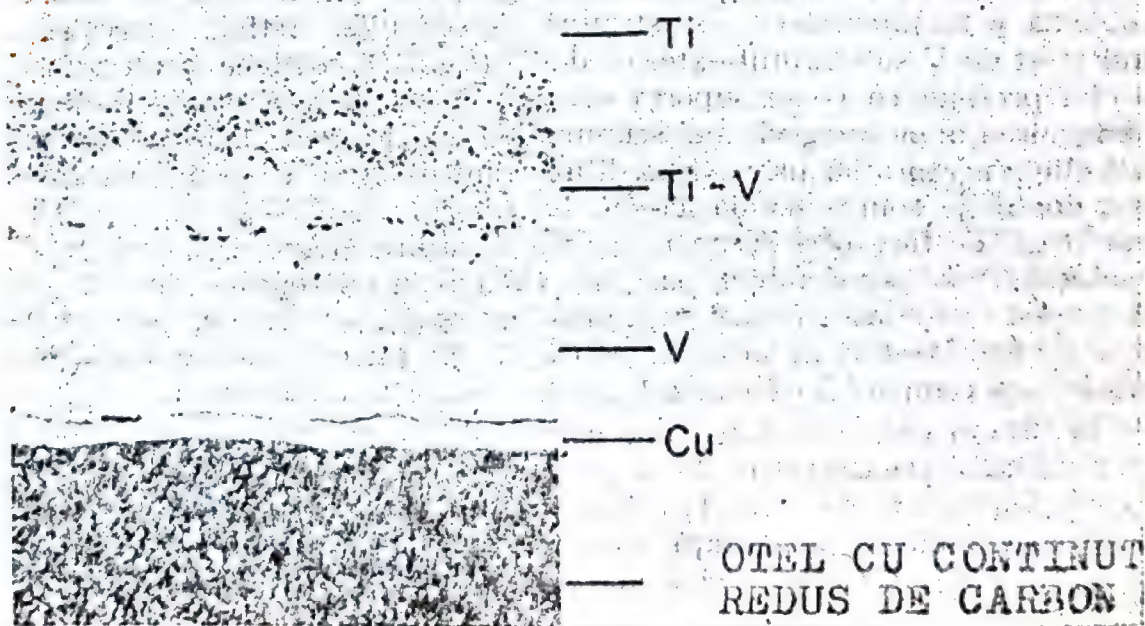


Fig. 1.8

tririi de titan pe suprafața sculelor din oțeluri rapide, extinzînd acest tip de acoperire practicat în trecutul apropiat numai pentru sculele din carburi dure, sinterizate. Se are în vedere, de asemenea, extinderea acoperirilor cu nitrură de titan și la sculele de prelucrare prin deformare plastică și chiar ca acoperire în scopuri decorative (nitrura de titan avînd o frumoasă culoare galbenă, apropiată de a aurului).

Sugestiile de orientare a cercetării în metalurgia fizică și în știința materialelor metalice, oferite de această sumară trecere în revistă a preocupărilor pe plan mondial, indică necesitatea unei adaptări rapide și continue la moduri noi de concepție și de realizare practică a proceselor de producere și prelucrare a materialului metalic în condiții de economicitate și calitate sporite.

2

Principalele direcții ale cercetării științifice și ingineriei tehnologice în construcția de mașini

Dr. ing. Carol Manițiu

Institutul Central pentru Construcții de Mașini

Sarcinile de bază pentru cincinalul 1986—1990 și orientările de perspectivă ale dezvoltării economico-sociale a României în perioada 1991—2000, aprobate prin documentele Congresului al XIII-lea al P.C.R., confirmă pe deplin rolul important ce revine construcției de mașini în asigurarea dezvoltării în viitor a tuturor ramurilor economiei naționale, prin realizarea unei game largi de mașini, utilaje și instalații complexe, de înaltă tehnicitate, bazate pe cele mai noi cuceriri ale științei, capabile să favorizeze progresul tehnologic în toate domeniile economiei și vieții sociale.

Orientările și sarcinile principale ale planului cincinal 1986—1990 și programul pe 1991—2000, elaborate sub îndrumarea clarvăzătoare și de înaltă competență a tovarășului Nicolae Ceaușescu, prevăd în principal realizarea unei dezvoltări economice intensive, prin modernizarea în continuare a structurii de producție, ridicarea permanentă a nivelului tehnic și calitativ al produselor, sporirea productivității muncii, accentuarea specializării și integrării producției în vederea utilizării cu maximum de randament a capacităților, economisirea strictă și valorificarea superioară a materiilor prime, combustibililor și energiei, recuperarea și refolosirea resurselor rezultate din procesele de producție, reducerea costurilor de producție, îndeosebi a cheltuielilor materiale, creșterea substanțială a eficienței economice în toate sectoarele de activitate.

Accentuarea dezvoltării intensive este fundamentată pe creșterea aportului științei și extinderea progresului tehnic, potrivit programelor elaborate de CNST, sub conducerea directă a tovarășei academician doctor inginer Elena Ceaușescu.

Un obiectiv fundamental al cercetării științifice și tehnologice îl constituie *ridicarea nivelului tehnic și calitativ al producției*. În acest scop se va acționa pentru asimilarea de produse noi în vederea creșterii ponderii produselor cu performanțe ridicate, astfel ca în 1990, 95% din produse să fie la nivel mondial ridicat, iar 2—5% peste nivelul mondial; se vor mo-

derniza și reproiecta produsele pentru creșterea duratei și siguranței în funcționare, reducerea greutateii respectiv consumurilor specifice, sporirea randamentelor, diminuarea cheltuielilor pentru exploatare, întreținere și reparații; se vor generaliza metodele moderne de analiză și control în proiectarea și fabricația produselor; se va acționa pentru adaptarea mai rapidă a structurii producției la cerințele pieței interne și externe.

Se va accentua aportul cercetării la *creșterea substanțială a productivității* muncii, care în 1990 se va dubla față de 1980, urmînd ca 55% din această creștere să se realizeze prin introducerea de noi tehnologii de fabricație, extinderea sistemelor mecanizate și automatizate — ponderea produselor realizate în aceste sisteme urmînd a fi de 70% și de peste 90% la sfîrșitul cincinalului, realizarea pe scară largă de linii, secții și sectoare complet automatizate și robotizate.

De asemenea va crește aportul cercetării la *reducerea consumurilor* de materii prime, combustibili și energie electrică prin elaborarea, introducerea și generalizarea tehnologiilor cu randamente ridicate, asigurîndu-se diminuarea consumului energetic, a consumului de metal în special a laminatelor feroase, micșorarea substanțială a consumului de metale neferoase, precum și majorarea indicelui de valorificare a materiilor prime și materialelor cu 30—32% în 1990 față de 1985.

Orientările de perspectivă ale dezvoltării în perioada 1991—2000 prevăd că activitatea de cercetare științifică se va dezvolta puternic, urmînd a avea rolul fundamental în asigurarea progresului economico-social, multilateral al țării, în perfecționarea bazei tehnico-materiale a industriei și agriculturii, în general a tuturor ramurilor economiei.

Pe *domenii de profil* ale construcției de mașini din MICM, se prezintă în continuare principalele obiective de cercetare științifică și dezvoltare tehnologică în perioada 1986—1990 și cu orizont anul 2000.

În domeniul construcției de *aeronave*, domeniu prioritar al economiei noastre, în baza vastului program aprobat de conducerea partidului și statului, cercetarea este îndreptată spre realizarea de avioane utilitare, pentru agricultură și alte scopuri economice, avioane cu destinații speciale, elicoptere ș.a. S-au abordat cercetările pentru realizarea în concepție proprie a simulatoarelor de zbor pentru avioane și elicoptere precum și simulatoare de navigație aeriană și conducerea zborului.

Se vor intensifica cercetările fundamentale și aplicative în domeniile matematicii, aerodinamicii, dinamicii zborului, aeroacusticii și rezistenței structurilor de aviație.

În domeniul mijloacelor de transport auto se vor diversifica și moderniza *autovehiculele* de serie, realizîndu-se autovehicule de mare capacitate — autobasculante grele de 200 tone sarcină utilă, autovehicule acționate cu motoare cu turbină și transmisii electrice, autovehicule pentru zone aride (export) cu motoare diesel răcite cu aer ș.a. Se vor cerceta echipamente hidraulice de presiune mărită pentru autovehicule, arcuri lamelare pentru suspensii executate din mase plastice armate cu fibre de carbon, sisteme de frînare automată, sisteme electronice comandate de



microprocesoare pentru optimizarea funcționării motoarelor diesel pe autovehicule etc.

Va crește eficiența economică a transportului, în special prin creșterea coeficientului de utilizare a greutății proprii.

Se va urmări în continuare satisfacerea cerințelor interne în domeniul *autoturismelor*, ca și realizarea unor vehicule competitive pe piața mondială, prin realizarea unei familii de autoturisme economice, cu costuri de exploatare scăzute.

Se vor intensifica cercetările în vederea reducerii poluării chimice și sonore, reducerii greutății autoturismului cu cca 7—9%, reducerii consumului de combustibil cu 11—13%. Se vor efectua cercetări în vederea electronizării autoturismului — control electronic al proceselor din motor, sistem de frinare electronic ș.a. Se vor realiza în concepție proprie caroserii cu performanțe aerodinamice ridicate și condiții de siguranță și confort sporit în cadrul unor forme moderne, concomitent cu cercetarea de noi materiale pentru caroserii.

Se vor aborda cercetări în vederea realizării unor grupuri motopropulsoare — electric și hibrid — pentru autoturisme.

Se va elabora software aplicativ pentru simularea interactivă a aplicațiilor de optimizare în construcția de autoturisme-aerodinamică, teste de coliziune, cinematică, mecanisme, solicitări statice și dinamice ale structurii de rezistență, manevrabilitate etc.

Se va diversifica fabricația *navelor* maritime de mare tonaj, în special navelor mineraliere și tancurilor petroliere și pentru produse derivate din petrol, pentru produse chimice. Va crește ponderea navelor specializate pentru transportul diverselor tipuri de mărfuri (produse alimentare, produse fragile, automobile, utilaje, animale vii ș.a.). Se vor crea noi tipuri de nave fluviale cu destinații variate.

Se vor cerceta forme optime de carene de nave cu rezistență minimă la înaintare, propulsoare navale optimizate în vederea creșterii randamentului de propulsie. Se vor realiza echipamente perfecționate vizînd protecția mediului înconjurător — instalații de tratare biologică a apelor reziduale, separatoare de santină cu treaptă de separare și filtrare ș.a. Se va pune accentul în continuare pe asimilarea de componente specifice pentru nave, urmărindu-se creșterea gradului de integrare a acestora.

Cercetările vor aborda realizarea de mijloace tehnice plutitoare destinate explorării și exploatării resurselor mărilor și oceanelor.

În domeniul construcției de *tractoare și mașini agricole* se va asigura în continuare mecanizarea muncilor grele în industrie și agricultură; se va înnoi gama de tractoare, punîndu-se accent pe creșterea performanțelor — randament, multifuncționalitate, prin agregarea optimă a tractoarelor cu diverse utilaje, paralel cu reducerea cheltuielilor de exploatare (mai ales prin reducerea consumului de combustibil și creșterea fiabilității). Se vor intensifica cercetările pentru introducerea electronicii și a sistemelor cu microprocesoare pe tractor. Se vor continua cercetările pentru reducerea nivelului de zgomot al tractoarelor.

Tractoarele și mașinile agricole vor trebui să răspundă tuturor lucrărilor de mecanizare a agriculturii: lucrarea solului, lucrări de semănat și

plantat, administrarea îngrășămintelor, lucrări de combatere a bolilor și dăunătorilor, lucrări de desecare, irigare și conservare a solului, lucrări de recoltare, transport și manipulare produse ș.a.

În ce privește mașinile agricole, în conformitate cu sistemul de mașini pentru mecanizarea lucrărilor din agricultură, se vor realiza utilaje noi cu productivități ridicate, se vor perfecționa și diversifica utilajele existente. Se vor realiza agregate combinate pentru executarea mai multor lucrări la o trecere, mașini noi cu posibilități polivalente de executare a lucrărilor solului, de semănat și întreținere care să asigure realizarea tehnologiilor moderne de cultivare a plantelor în sistem intensiv, familii moderne de combine autopropulsate destinate recoltării cerealelor păioase, porumbului, floării-soarelui, cartofilor și altor culturi, în condiții de producții ridicate și cu caracteristici superioare. Se vor cerceta noi tehnologii și utilaje pentru strînsul și valorificarea superioară a produselor secundare din cultura de cîmp. Se vor crea și introduce pe mașini noi organe active, în special pentru reducerea consumului de energie și creșterea fiabilității.

În domeniul *componentelor* de uz general se prevede crearea și dezvoltarea familiilor de motoare cu performanțe superioare pentru autoturisme, autovehicule, tractoare, utilaje de construcții, locomotive, acționări industriale.

Se vor dezvolta cercetările privind arderea combustibililor intermediari (combustibili grei) și a gazelor de generator în motoare diesel, creșterea randamentelor motoarelor termice cu piston prin adiabatizare (cu componente ceramizate și ceramice), motoare termice cu ardere externă. Se vor intensifica cercetările privind reducerea emisiilor poluante din gazele de evacuare de la motoare.

Se vor aborda cercetări privind alimentarea motoarelor cu hidrogen.

Se vor realiza noi familii de organe de mașini de uz general — reductoare, variatoare, motoreductoare, transmisii de mare putere, organe de asamblare ș.a. — cu un ridicat grad de tipizare, pe baza cercetărilor experimentale și a abordării concepției asistată de calculator.

*
* * *

Obiectivele prezentate și sarcinile complexe ce revin construcției de mașini pentru asigurarea cu mașini și utilaje a ramurilor economiei naționale precum și a exportului de echipamente în perioada următoare și în perspectiva anului 2000 vor putea fi realizate în bune condițiuni, în mare măsură, prin creșterea aportului cercetării științifice și ingineriei tehnologice la rezolvarea *problemelor majore proprii ramurii*, în fiecare etapă de dezvoltare.

Preponderente pentru etapa actuală sînt problemele legate de *perfectiionarea organizării și modernizării proceselor de producție*, în cadrul vastului program prefigurat de însăși conducătorul partidului, tovarășul Nicolae Ceaușescu, măsuri care vor conduce prioritar la realizarea sarcinilor privind creșterea productivității muncii și reducerea substanțială a consumurilor precum și ridicarea nivelului tehnic-calitativ al produselor

și producției. Un rol esențial revine în acest sens *cercetării tehnologice*, extinderii și generalizării tehnologiilor avansate. S-a acționat și se va acționa în continuare pentru elaborarea de tehnologii vizînd realizarea echipamentelor din domenii de vîrf și prioritare — nuclear, aviație, auto, naval — pe de o parte și pentru ridicarea nivelului tehnic al întreprinderilor și creșterea eficienței acestora pe de altă parte. De remarcă în acest sens tehnologiile de prelucrare electroerozivă, electrochimică, cu laser, ultrasunete, tehnologiile moderne de control, de protecție a suprafețelor, de montaj, inclusiv realizarea echipamentelor tehnologice aferente acestor tehnologii.

Pentru perioada următoare și în perspectiva anului 2000 se va pune accent pe tehnologiile avansate care conduc la reducerea consumurilor de energie și materiale, concomitent cu asigurarea unei productivități sporite. Astfel, se va acționa pentru promovarea tehnologiilor de precizie care dau deșeuri minime, (turnare de precizie, forjare de precizie, metalurgia pulberilor, extrudare la cald și la rece, prelucrări neconvenționale) și care urmăresc creșterea coeficientului de utilizare a metalului. Va spori ponderea tehnologiilor de finisare (rectificări, acoperiri de suprafață etc.) în detrimentul celor de degroșare.

Dezvoltarea surselor de energie concentrată (laser, plasmă, fascicul de electroni etc.) apariția unor domenii de interferență ca electrochimia, bi chimia ș.a., progresele realizate în fizica corpului solid vor genera noi tehnologii care vor îmbogăți pe cele numite azi „neconvenționale” și a căror amploare va spori în următoarele decenii.

Se prevede extinderea automatizării convenționale în toate sectoarele tehnologice ale construcției de mașini prin realizarea de linii automate specializate. Cea mai dinamică extindere a mecanizării și automatizării este prevăzută în domeniul montajului, care deține în prezent peste 25% din forța de muncă direct productivă, reprezentînd o însemnată resursă.

În ce privește producția de unicate și serie mică, sistemele de fabricație vor fi caracterizate de un grad avansat de flexibilitate, în care mecanizarea și automatizarea se vor extinde în principal pe seama aplicării roboților industriali și a microprocesoarelor prin care se va conduce procesul de producție.

O creștere substanțială a productivității muncii este prevăzută și prin raționalizarea, mecanizarea și automatizarea lucrărilor de transport intern, manipulare în magazii și în depozite, gestiunea cu calculatorul a acestora.

Ridicarea nivelului tehnic și calitativ al producției constituie o problemă majoră a ramurii ale cărei implicații se reflectă în toate programele de cercetare și dezvoltare tehnologică. S-a acționat în acest sens pentru crearea unui *sistem de asigurare a calității* în construcția de mașini, definit printr-o structură și funcțiuni, descrierea funcțiunilor făcînd obiectul unor proceduri. S-au elaborat procedurile cadru, în perioada următoare acționîndu-se pentru adaptarea lor la domenii specifice construcției de mașini și pentru implementarea lor în institute și întreprinderi. De asemenea se acționează pe linia constituirii băncilor de date privind nivelul tehnic și calitativ al produselor, comparativ cu produse de pe plan mondial.

Se va pune accent pe elaborarea și extinderea tehnologiilor moderne de control, acționându-se pentru dezvoltarea mijloacelor moderne de control automat și semiautomat în timpul procesului și pentru crearea și extinderea metodelor nedistructive de control a materialelor și pieselor. Se vor perfecționa metodele moderne de testare funcțională a produselor, în principal pe baza realizării în concepție proprie a unor standuri de probe care vor reproduce cât mai fidel condițiile, respectiv solicitările din exploatare și care vor permite efectuarea probelor în timp contractat.

O sarcină majoră ce implică puternic cercetarea și ingineria tehnologică o constituie *reducerea consumurilor de materiale*, având în vedere ponderea ridicată a acestora în costul produselor (peste 60% la produsele construcției de mașini).

Preocupările vor fi orientate în principal spre micșorarea cantității de materiale înglobate în produse, reducerea pierderilor tehnologice prin introducerea de tehnologii noi și perfecționate, prin reciclarea, recuperarea și re folosirea unor mai mari cantități de materiale.

Un rol însemnat revine *reproiectării produselor* care va fi orientată spre optimizarea alegerii materialelor și proiectarea formelor pe baza unor criterii riguroase de calcul, perfecționarea metodelor de calcul, analize și calcule de fiabilitate etc. Programul de cercetare și proiectare asistată de calculator în curs de desfășurare în institutele din construcția de mașini creează baza necesară pentru efectuarea de calcule optimizate, pentru realizarea rapidă a mai multor soluții constructive, asigurând alegerea celei mai economicoase în condițiile unui nivel tehnic ridicat. Legat de aceasta se impune, pentru perioada următoare, generalizarea dotării institutelor cu tehnică de calcul adecvată, precum și dezvoltarea în anii ce urmează a băncilor de date necesare proiectării.

Un rol important va reveni în continuare *tipizării* care va reduce gama de subansamble și va permite creșterea seriilor de fabricație, economisindu-se materialul prin aplicarea celor mai avansate tehnologii în fabricația acestora.

În domeniul *materialelor*, și în următoarele decenii, metalele convenționale, mai ales fontele și oțelurile vor continua să figureze în prim plan în construcția de mașini. Va crește însă ponderea materialelor noi, transferate din domenii de vîrf (aviație, nuclear) respectiv materialele compozite, structurile alveolare ș.a. precum și a înlocuitorilor — materiale plastice, ceramice, metalo-ceramice ș.a. Aceste materiale noi și înlocuitorii vor permite realizarea de structuri noi ale produselor, reducerea masei, creșterea durabilității etc.

Pentru promovarea exportului produselor construcției de mașini se prevede dezvoltarea *cercetărilor de marketing* care vor sta la baza selecției prioritare a obiectivelor de cercetare-dezvoltare. Concomitent cu acestea, cercetarea și ingineria tehnologică își va aduce contribuția la susținerea unei strategii ofensive pentru pătrunderea pe piețele străine prin atingerea și depășirea nivelului tehnic mondial al produselor, asigurarea unei fiabilități ridicate în funcționarea acestora, prin realizarea unor indici de valorificare superioară a produselor.

În perioada următoare se va pune un accent mai mare pe *cercetările de perspectivă* în domenii ca tribologie, zgomot, vibrații, materiale noi, creșterea preciziei ș.a., care implică o abordare interdisciplinară, respectiv cu unități din alte ramuri și cu specialiști din învățământul superior.

*
* *
*

Realizarea obiectivelor prefigurate pentru dezvoltarea în perspectivă a domeniilor de profil prezentate, avînd în vedere pe de o parte nivelul înalt al cerințelor stabilite, de ordin tehnico-economic, iar pe de altă parte multitudinea și complexitatea lor, necesită o concentrare mai judicioasă a potențialului de concepție, valorificarea cît mai rapidă în producție a rezultatelor cercetării, corelarea desfășurării cercetărilor în cadrul unor programe multidisciplinare, precum și o abordare la un nivel superior a unor cooperări internaționale științifice și tehnologice, îndeosebi cu țările socialiste.

Tendințe și cerințe actuale în dezvoltarea și modernizarea industriei de mașini-unelte

Dr. ing. Aurel Sandu

Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică
pentru Mașini-Unelte

Dezvoltarea fără precedent a României în perioada deschisă de Congresul al IX-lea al P.C.R. a fost rodul politicii înțelepte a partidului, care a asigurat creșterea continuă a bazei tehnico-materiale, intensificarea activității de cercetare științifică și inginerie tehnologică, creșterea rolului științei și tehnicii în toate domeniile vieții economico-sociale.

În concepția Partidului Comunist Român, a secretarului său general, tovarășul Nicolae Ceaușescu, modernizarea economiei naționale se desfășoară pe baza unui model propriu care valorifică cele mai înaintate realizări obținute pe plan mondial în domeniile științei, tehnicii, economiei, adaptate la condițiile și particularitățile țării noastre.

Se urmărește astfel să se pună în valoare capacitățile creatoare ale poporului nostru, valorificarea întregului potențial productiv al ramurilor care pot da cea mai înaltă eficiență economică și socială.

Este cunoscut rolul uriaș pe care îl are baza tehnico-materială a unei țări. De volumul, gradul de complexitate și calitatea mijloacelor de producție depind în ultimă instanță gradul de valorificare a resurselor materiale și umane, dezvoltarea social-economică a țării respective.

În crearea bazei tehnico-materiale de producție corespunzător cerințelor evoluției ascendente a economiei țării, un rol hotărâtor îl are construcția de mașini și îndeosebi cea de mașini-unelte. „Acest rol — arăta tovarășul Nicolae Ceaușescu — sporește și mai mult în condițiile revoluției științifico-tehnice contemporane, deoarece împreună cu industria electronică și electrotehnică, industria de mașini-unelte constituie domenii hotărâtoare ale progresului tehnic“.

Instalațiile, utilajele, mașinile-unelte care asigură obținerea de bunuri materiale depind în mare măsură și evoluează în strânsă legătură cu tehnologiile de obținere a materialelor și produselor,

1. Resursele materiale și de energie și noile tehnologii

Diminuarea și scumpirea continuă a resurselor materiale și de energie în lume impune în construcția de mașini și în toate domeniile producției de bunuri materiale căutarea celor mai adecvate procedee de lucru pentru asigurarea valorificării optime — respectiv cantitate maximă de bunuri — cu consum minim de energie, materiale și manoperă.

Deși totdeauna aceste cerințe au stat în fața producătorilor, nicidecum presiunea exercitată de ele nu a fost mai ridicată ca în acești ani. Spectrul epuizării resurselor materiale ale Terrei ridică probleme ale căror soluții în unele cazuri încă nu se întrevăd, dar este clar că metodele actuale de producție vor trebui restructurate radical, ceea ce nu se poate face decât în etape succesive, bazat în permanență pe cele mai noi cuceriri ale științei și tehnicii.

Penuria de materii prime prin care trece omenirea în momentul de față scoate în evidență că materiile prime pot fi clasificate de pe acum în epuizabile și deficitare. Primele sînt pe cale de dispariție iar ultimele ar putea deveni insuficiente într-un viitor nu prea îndepărtat.

În fața acestei situații căile de soluționare care se impun cu pregnanță sînt:

1. Recuperarea materiilor prime utilizate în activitatea economică sub forma materialelor refolosibile și recondiționarea bunurilor care se pretează la o asemenea activitate.

2. Înlocuirea materiilor prime deficitare prin altele mai abundente și înlocuirea materialelor clasice prin altele mai puțin cunoscute în prezent, sau prin înlocuitori obținuți ca urmare a progreselor științei și tehnologiei.

3. Creșterea proprietăților fizico-mecanice ale materialelor utilizate prin procedee tehnologice capabile să asigure o folosire mai eficientă.

O dată cu reciclarea și cu apariția de noi materii și materiale apar tehnologii noi, care constituie suportul revoluției tehnico-științifice pe care o trăiește azi omenirea și care reprezintă cel mai spectaculos salt pe care l-a cunoscut istoria în relațiile dintre om și natură, în cunoașterea naturii de către om și în ce privește folosirea legilor ei în producție.

Dezvoltarea extraordinară a economiei mondiale avînd la bază industria modernă solicită în prezent cantități enorme de materiale.

Consumul de fier pe plan mondial se ridică la aproximativ 500 000 000 tone și se estimează pentru anul 2000 o creștere la dublu. Această creștere vertiginoasă pune problema existenței corespunzătoare a minereului de fier. În ultimii ani, pe piața mondială, prețul unei tone de fier vechi a crescut de aproape 3 ori, ajungînd în prezent, în funcție de calitate, cu numai 8—30% mai mic decît o tonă de fontă de oțelărie. Creșterea prețurilor pe piața externă este o primă și importantă dovadă că materialele refolosibile devin din ce în ce mai prețioase.

În afara aspectului economic mai există și un aspect social. Folosirea fierului vechi recuperat reduce cu 80% poluarea atmosferică și cu 76% poluarea apei, dat fiind faptul că, la o producție de 150 000 000 tone de fontă, furnalele dispersează în atmosferă 3 000 000 tone de pulberi, care conțin peste 150 000 tone zinc și 36 000 tone plumb.

Determinat de aceste considerente a apărut o industrie de recuperare și valorificare a fierului precum și o industrie de producere a utilajelor de colectare și prelucrare a materialelor recuperate.

În aceeași măsură refolosirea metalelor neferoase întrebuințate este o problemă de mare actualitate.

Motivele care determină recuperarea sînt tot creșterea necesarului și scăderea resurselor, dar nu trebuie scăpat din vedere și avantajul economiei de energie. Un kg de aluminiu provenit din bauxită consumă 16 kWh energie electrică pe cînd retopind aluminiul recuperat se consumă doar 0,8 kWh.

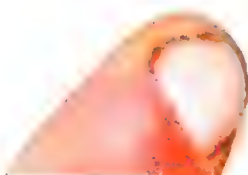
În prezent în toate țările se recuperează masiv cuprul, plumbul și zincul.

În afara materialelor tradiționale — metale și lemn — economia industrială folosește cantități uriașe de cauciuc și mase plastice. Azi nu poate fi concepută nici un fel de mașină sau utilaj care să nu aibă înglobată și o cantitate mai mare sau mai mică de cauciuc și mase plastice. Recuperarea și reciclarea acestor materiale este o sarcină de mare urgență și în întreaga lume se depun eforturi pentru găsirea celor mai bune căi de refolosire. În paralel cu materialele clasice își fac apariția în tehnică materiale noi cu caracteristici deosebite. Realizarea de materiale plastice de înaltă performanță ca poliamide, poliacetal, poliesteri termoplastici, reprezintă una din soluțiile cele mai bune de înlocuire a unor metale ca: aluminiu, cupru, zinc, bronzuri, oțeluri în construcția de mașini.

Materialele cu caracteristici deosebite sînt în prezent de neînlocuit în asigurarea condițiilor funcționale de calitate și competitivitate pentru echipamentele din domenii de vîrf. Aceste materiale sînt chemate și vor fi solicitate în continuare să conducă la performanțe tehnico-economice înalte pentru echipamentele și produsele furnizate de construcția de mașini.

Principalele direcții în acest sens sînt legate de obținerea oțelurilor înalt aliate și superaliajelor de înaltă performanță respectiv rezistențe mecanice superioare la temperaturi înalte (1 000 ... 1 200°C) și joase (pînă la -200°C) utilizate în medii de lucru agresive, corosive, abrazive sau în condiții de siguranță deosebită. Tendințele actuale se reflectă în cercetările din domeniul oțelurilor în stare amorfă sau cu mare puritate structurală precum și cu structuri cristaline ultrafine și uniforme.

O altă grupă de materiale o reprezintă materialele ceramice speciale. Performanțele specifice asigurate sînt rezistența la temperaturi înalte, greutatea specifică redusă și foarte bune calități de izolan termic. Aceste proprietăți le recomandă pentru aplicații revoluționare în energetică, motoare termice, aparate pentru industria chimică, etc.



În prezent aceste materiale încă mai ridică o serie de probleme care nu au fost rezolvate și pentru care sînt concentrate eforturi de cercetare (fragilitate la cald și rece, dispersia caracteristicilor termomecanice și dificultățile reclamate de trecerea de la fabricația de unicate la serie mare). În aceeași clasă de materiale se găsesc izolațiile termice din fibre ceramice, cu mari perspective în economisirea combustibilului și energiei.

Realizarea de materiale compozite pe bază de matrice metalică și nemetalică reprezintă una din clasele cele mai promițătoare de materiale, cu perspectivă de largă utilizare în industrie. Aceste materiale au o largă utilizare, de la aeronautică, transporturi terestre și navale și pînă la bunuri de larg consum și industria ușoară. Cele mai cunoscute materiale în prezent sînt poliesterii armați cu fibre de sticlă avînd caracteristici de rezistență și greutate specifică superioare de cca 3 ori față de oțelurile înalt aliate. Se prevăd aplicații în continuare pentru industria de utilaj petrolier, de ridicat, automobile și altele.

Pentru crearea și utilizarea materialelor noi este necesară dezvoltarea de noi metode de calcul și proiectare constructivă în corelare cu metode experimentale, tehnici de analiză, simulatoare de solicitări, noi metode de verificare și control nedistructiv, ceea ce poate crea o imagine asupra imensului efort de cercetare științifică presupus de găsirea unor noi resurse materiale capabile să asigure dezvoltarea economică în continuare a societății.

Impactul știință—tehnologie din domeniul materialelor noi este continuat și în domeniul metodelor de prelucrare.

Simpla enumerare a posibilităților create de recuperarea materiilor prime indică dimensiunea problemei și faptul că în viitor vor trebui găsite căi și metode din ce în ce mai eficiente de refolosire, iar pe de altă parte căi și metode de folosire cît mai eficientă a disponibilului existent.

O primă etapă a acestui proces evolutiv este reducerea consumului de metal și energie prin realizarea unor tehnologii de precizie, astfel ca, încă din fazele primare piesele să rezulte la forma finală sau cu adaosuri minime pe suprafețele care reclamă o prelucrare de precizie. Prelucrarea va trebui să se bazeze pe determinarea cît mai exactă a prelucrabilității materialelor.

Valorificarea noilor cunoștințe asupra unor procese și fenomene fizice care au loc sub acțiunea radiațiilor nucleare, a fasciculelor de electroni și de ioni, a radiației laser, a plasmei, a ultrasunetelor, a descărcărilor electrice, conduce la realizarea unor tehnologii și echipamente industriale de o deosebită importanță, cu eficiență tehnică și economică și care în multe cazuri sînt singurele capabile să asigure rezolvarea unor probleme tehnice ale industriei moderne, tehnologii cunoscute în general sub denumirea de tehnologii neconvenționale.

În țările avansate aceste tehnologii sînt cercetate, aplicate și dezvoltate în mod intensiv. Esențiale în acest scop sînt: realizarea echipamentelor, înființarea de întreprinderi specializate și specializarea de personal capabil să le exploateze la capacitatea lor reală.

O tendință deosebit de dinamică în dezvoltarea tehnologiilor prezintă în momentul de față tehnologiile sub vid. În mai toate domeniile aceste tehnologii au aplicații datorită realizării unui mediu ce permite controlul conținutului și structurilor cu o mare acuratețe.

În acest sens se aplică și se fac cercetări intense privind topirea și vaporizarea metalelor și aliajelor lor, a superaliajelor și oțelurilor speciale, turnarea de mare precizie, topirea prin inducție și turnarea în vid a materialelor speciale pe bază de titan, zirconiu, tantal, molibden, wolfram, tratamente termice în vid, degazare și tratarea în vid a metalelor lichide, creșterea cristalelor din topituri de metale cu înaltă puritate etc.

Pe o scară mai puțin extinsă, dar o tendință dinamică, prezintă tehnologiile cu radiații nucleare, ca producția de materiale cu proprietăți fizico-mecanice dirijate, control nedistructiv cu neutroni, radiații gama sau fascicule de electroni, tehnici nucleare de analiză ș.a.

Tehnologiile cu laser se afirmă în domeniul prelucrărilor și micro-prelucrărilor ca debitare, sudură, găurire, inscripționare, prelucrarea materialelor dure și extradure, producerea de materiale amorfe și cristaline, pulberi sinterizabile, tratamente termice, inducerea de reacții chimice complexe, etc.

În aceeași măsură, tehnologiile cu plasmă își găsesc aplicare și se întrevăd aplicații în tratamente termice și termochimice ca nitrurarea ionică, borurarea cu pulberi, sudare, tăiere, corodare, etc. Tehnologiile cu ultrasunete se afirmă în special în domeniul controlului nedistructiv iar tehnologiile de prelucrare prin electroeroziune și electrochimice în găurire, debitare pe contur, debavurarea pieselor și altele.

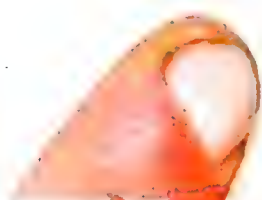
Toate aceste aplicații enumerate sînt abordate în măsură mai mare sau mai mică, dar prezintă un cîmp de acțiune aproape nelimitat și în perspectiva următorilor ani, programele de cercetare prevăd creșterea performanțelor echipamentelor, realizarea de echipamente noi, extinderea domeniilor de utilizare și diversificarea acestora.

Mutații radicale se vor produce în metodele de obținere a semifabricatelor, prevăzîndu-se extinderea turnării de precizie a pieselor din oțel și neferoase în cîmp magnetic în vid, extinderea procedeelor de extruziune și matrițarea de precizie.

Îmbunătățirea proprietăților fizice ale metalelor se va realiza tot pe calea tratamentelor termice și termochimice, dar se vor extinde tratamentele executate în atmosferă controlată și se vor extinde mult tehnologiile de acoperire de protecție.

În domeniul tehnologiei primare, o realizare neconvențională o constituie procedeul de elaborare a fontei cu ajutorul plasmelor. Avantajele preliminate ale acestei tehnologii sînt multiple: consum de energie cu 25% mai mic, se reduce necesarul de echipamente, investiția pe tona de fontă produsă ajungînd la numai 1/3 din investiția necesară în cazul furnalelor clasice.

Dezvoltarea tehnicii spațiale și a tehnicii nucleare a generat încă de pe acum tehnologii de vîrf pentru obținerea și prelucrarea materialelor



cu caracteristici deosebite, a căror aplicare actualmente restrînsă, se va extinde în viitor. Tehnici ca turnarea de precizie a oțelurilor refractare, a superaliajelor pe bază de aluminiu, magneziu și titan, presarea izostatică, tratamente termochimice în atmosfere sintetice, azot și substanțe lichide, marchează direcțiile de dezvoltare a tehnologiilor la cald cu repercusiuni directe în domeniul prelucrărilor mecanice.

În nomenclatorul tehnologiilor neconvenționale trebuie înscris și procedeul undelor de șoc produse prin explozie, folosit între altele pentru obținerea unor materiale, durificarea fără deformări a unor materiale metalice, tăierea unor materiale cu grosimi mari sau debavurarea semifabricatelor.

Metodele științifice exacte și sistematice care se impun ca urmare a dezvoltării tehnicii de calcul vor permite ca așchierea să reprezinte în continuare principalul procedeu de prelucrare a metalelor, deși ponderea sa va cunoaște o scădere în favoarea unor procedee ca deformarea la cald, dar mai ales la rece, electroeroziunea, prelucrarea cu laser, etc.

În cadrul prelucrărilor prin așchiere, abraziunea va ocupa un loc important, dată fiind capacitatea sa de realizare a preciziilor mari. Se așteaptă realizarea de noi structuri de pietre de rectificat, care să reziste la solicitări mai mari, ceea ce presupune apariția unor noi materiale abrazive, pe lângă extinderea folosirii unor abrazivi cunoscuți ca diamantul sintetic și carbura de bor. Se apreciază că materialele abrazive de tip diamant vor reprezenta în viitor cca 30% din materialele folosite în prelucrările de finisare.

Aplicarea celor mai noi procese tehnologice și a exploatarea celor mai moderne utilaje impune nemijlocit mecanizarea și automatizarea producției.

Automatizarea proceselor tehnologice este dictată în primul rînd de asigurarea condițiilor optime de desfășurare a lor. Totodată instalațiile moderne sînt de mare și foarte mare capacitate, utilizînd în unitatea de timp cantități foarte mari de energie și materie primă, ceea ce face ca operatorii care urmăresc și dirijează procesul tehnologic să nu mai poată acționa operativ și în mod optim fără aportul mijloacelor de automatizare. Aparatura de automatizare devine astfel strict necesară. Parametrii procesului tehnologic ca nivel, temperatură, concentrații, vîscozitate, randamente, regimuri de prelucrare, etc. care se pot modifica în timpul procesului, sînt stăpîniți prin aparate de control automat și calculatoare de proces. În domeniul prelucrării prin așchiere intervenția informaticii în tehnologie s-a concretizat prin comanda numerică.

Evoluția comenzii numerice s-a făcut în direcția reducerii timpului de programare, lucru ce s-a impus pentru piese cu geometrie complexă și serii de fabricație mici și mijlocii, cînd timpii de programare sînt lungi în raport cu timpii de execuție.

Calculatorul care intervine în acest proces urmărește pas cu pas instrucțiunilor unui program, dar vechea idee că un calculator nu face decît ceea ce i se spune este depășită în lumina programelor de inteligență artificială.

Azi este posibilă prelucrarea imaginilor, recunoașterea formelor, analiza scenelor, în care se îmbină conversația cu calculatorul și inteligența artificială. Apar astfel roboții constituiți în esență dintr-un manipulator echipat cu senzori și calculator. Avînd funcțiuni diferite, ei pot fi roboți de manipulare, roboți de asamblare, roboți de control etc., în acest fel automatizarea clasică fixă devine, datorită robotului, flexibilă, adaptabilă mediului și situației de lucru.

2. Automatizarea flexibilă a fabricației

Flexibilitatea sistemelor de automatizare are în prezent o deosebită importanță întrucît cerințele actuale ale pieței în domeniul industriilor bazate pe prelucrarea metalelor au determinat în întreaga lume diversificarea din ce în ce mai mare a tipurilor și variantelor de piese, concomitent cu scăderea duratei de viață economică a produselor. Acestea impun dezvoltarea și implementarea de sisteme de producție care să permită prelucrarea loturilor mici de piese în condiții de înaltă calitate, economicitate și productivitate. Premiza determinantă pentru a satisface aceste deziderate este automatizarea flexibilă a proceselor de fabricație. Ea constituie totodată punctul de plecare pentru o strategie economică și tehnologică pe termen lung, care să permită fiecărei întreprinderi să facă față concurenței tot mai acerbe care se manifestă pe piața internațională.

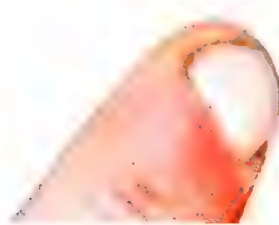
Cea mai importantă experiență dobîndită în activitățile de concepție, execuție și implementare a sistemelor flexibile de fabricație constă în faptul că, pe lîngă prestațiile de cea mai bună calitate ale furnizorilor, s-a realizat o strînsă colaborare între producător și utilizator de la începutul fazei de concepție și pînă la punerea în funcțiune. Aceasta este singura cale care garantează succesul soluțiilor adoptate.

Cerințele impuse fabricației de piese prelucrate mecanic sînt determinate de o serie de factori dintre care cei mai importanți sînt:

- schimbarea rapidă a condițiilor de piață;
- creșterea diversității și calității produselor;
- adaptarea produselor la cerințele specifice fiecărui client;
- scurtarea duratei de înnoire a produselor și a termenelor de livrare.

Industriei prelucrătoare îi revine deci sarcina de a accelera creșterea productivității muncii, de a reduce substanțial costurile de producție și de a dezvolta soluții care să conducă la îmbunătățirea condițiilor de muncă și de viață ale personalului.

În stadiul actual al tehnicii, calea cea mai sigură pentru îndeplinirea acestor obiective este trecerea de la automatizarea la nivelul mașinilor individuale la integrarea acestora într-un flux de materiale și informații condus cu ajutorul calculatorului. Aceasta implică crearea de procese tehnologice și sisteme organizatorice calitativ noi, orientate spre automatizarea complexă.



Acest proces, care se manifestă pe plan mondial și care este desemnat prin conceptul de automatizare flexibilă, se caracterizează prin:

- perfecționarea organizării producției;
- creșterea ponderii timpului de exploatare a utilajelor fără prezența operatorului uman;
- micșorarea loturilor de piese și trecerea de la prelucrarea pe loturi la fabricația bazată pe prelucrarea de piese.

Sistemul flexibil de prelucrare poate fi definit ca un sistem cibernetic, elementele sistemului fiind coordonate cu ajutorul calculatorului electronic în scopul autoreglării și optimizării prelucrării mecanice a unor familii de piese.

Conceptul de sistem flexibil de prelucrare, are la bază principiile de modularizare, tipizare, ierarhizare în structură multinivel, integrare în sistemul de conducere a producției și minimizarea volumului operațiilor de vehiculare a materialelor în sistem.

Caracteristicile principale ale unui sistem flexibil de prelucrare din industria constructoare de mașini pot fi formulate astfel:

- sistemul este destinat producției de unicate, serie mică sau mijlocie;
- utilizează tehnologia de grup;
- se poate integra în mod etapizat;
- utilizează mașini-unelte cu comandă numerică, roboți, sisteme de transport automat, mini- sau microcalculatoare;
- asigură funcționarea în trei schimburi, fără intervenție umană pentru funcțiile direct productive;
- realizează încărcarea intensivă a mașinilor.

Specificațiile funcționale ale sistemului flexibil de prelucrare decurg din tendințele care se manifestă în economia mondială referitoare la economisirea energiei, a resurselor naturale, la diversificarea produselor și mărirea exigențelor privind calitatea produselor și creșterea numărului de oameni cu nivel ridicat de pregătire.

În funcție de condițiile și posibilitățile de investiții diferențiate ale beneficiarilor, industria constructoare de mașini-unelte trebuie să elaboreze principii tehnologice și soluții tehnice care să asigure rezolvarea sarcinilor de producție ale întreprinderilor îmbinând în mod optim cerințele referitoare la productivitate și flexibilitate. Astfel devine posibil pe de o parte să se răspundă rapid la schimbarea produselor, iar pe de altă parte să se asigure adaptarea fără dificultăți prea mari a capacităților disponibile la volumul producției contractate.

Automatizarea flexibilă a fabricației se realizează pe baza următoarelor subsisteme:

- subsistemul de prelucrări mecanice;
- subsistemul care asigură fluxul de materiale;
- subsistemul care asigură fluxul de informații.

În funcție de complexitatea și mărimea sistemului flexibil, subsistemul de prelucrări mecanice este alcătuit din mașini cu comandă numerică, centre de prelucrare și celule sau secțiuni de prelucrare. Acestea pot fi

constituite în module caracterizate prin schimbarea automată a sculelor și a pieselor.

Pentru asigurarea funcționării fără operator uman modulele sînt prevăzute cu echipamente pentru supravegherea automată a procesului de prelucrare și controlul automat al calității. Supravegherea automată a procesului de prelucrare se realizează de regulă prin:

- măsurarea curentului absorbit de motoarele pentru acționările principale și pentru avansuri la mașinile-unelte și centrele de prelucrare;
- controlul uzurii și al ruperii sculelor cu ajutorul unor dispozitive specifice;
- controlul automat al calității pieselor prelucrate.

Subsistemul care asigură fluxul de materiale cuprinde mecanismele și mijloacele pentru stocarea, manipularea și transportul de piese, scule, dispozitive, verificatoare, materiale auxiliare, șpan și deșeuri. Pentru acest subsistem industria constructoare de mașini-unelte și accesorii asigură de regulă următoarele utilaje: roboți de transport (robocare) pe șine sau cu ghidare inductivă după conductor electric; magazii pe verticală și stivuitoare automate pentru încărcare-descărcarea acestora; dispozitive pentru fixarea și transferul pieselor și sculelor, stații de spălare și de scoaterea din dispozitivele de fixare a pieselor și a sculelor.

Subsistemul care asigură fluxul de informații este partea esențială, care conferă caracterul de sistem întregului ansamblu denumit sistem flexibil de prelucrare. În vederea conducerii celulelor sau modulelor care compun un sistem flexibil de prelucrare și pentru a asigura exploatarea optimă a fiecărei mașini se poate elabora un sistem modular de programe.

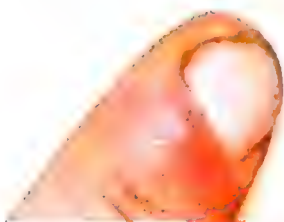
Stabilirea cerințelor pe care trebuie să le îndeplinească subsistemul care asigură fluxul de informații trebuie să pornească de la două aspecte fundamentale;

- distribuția funcțională a echipamentelor și a programelor;
- distribuția ierarhică.

Soluțiile reale, aplicabile în practică nu pot fi elaborate decît acordînd atenția cuvenită acestor două aspecte. Cu alte cuvinte, sînt viabile numai acele soluții care răspund cerințelor impuse de sistemele de producție înalt automatizate, atît din punct de vedere funcțional, cît și din punct de vedere al ierarhizării procesului de conducere.

În cadrul Centrului de cercetări pentru construcția de mașini-unelte din Karl-Marx-Stadt — R. D. Germană a fost dezvoltat sistemul modular de programe „M.P.S.“. Acesta cuprinde o serie de programe orientate pe funcțiuni specifice conducerii sistemelor flexibile de fabricație. Programele alcătuiesc un ansamblu unitar, fiind compatibile între ele și au un grad de generalitate și repetabilitate ridicat, putînd fi considerate drept programe caracteristice pentru sistemele flexibile.

Din punct de vedere funcțional pachetul de programe este împărțit în mai multe complexe funcționale. Gruparea funcțiunilor se face după principiul conducerii procesului de prelucrare pe trei nivele.



Sistemul de programe trebuie să permită realizarea următoarelor obiective tehnologice:

- Distribuirea pieselor de prelucrat la mașinile și posturile de lucru disponibile;

- Stabilirea și conducerea mașinilor-unelte, a paletelor, a echipamentelor de transport și stocare, pe baza intrării documentelor de lansare.

- Stabilirea și conducerea operațiilor auxiliare atât în fazele de pregătire-încheiere cât și în timpul prelucrărilor.

- Transmiterea și administrarea datelor necesare pentru elaborarea tehnologiilor, lansare și calculul costurilor de producție.

- Asigurarea și distribuirea tuturor informațiilor necesare pentru conducerea mașinilor-unelte cu NC și a centrelor de prelucrare, a celulelor flexibile, echipamentelor de transport și manipulare, etc.

De o importanță deosebită sînt locurile în care se realizează schimbul de informații între sistemul flexibil și mediul său înconjurător. Schimbul de date trebuie să fie organizat astfel încît fiecare element informațional să intre și să iasă din sistem în aceleași puncte. La rîndul său, schimbul intern de informații se efectuează prin locuri și mijloace standard.

Conducerea proceselor de producție trebuie să fie tratată ca o parte integrantă a planificării producției la nivelul întreprinderii. Aceasta se face pornind de la o estimare a sortimentului de piese și a termenelor de execuție. Funcțiunile care se realizează sînt împărțite pe trei nivele ierarhice:

a) *Nivelul pregătirii organizatorice a fabricației*, care constă în:

- Stabilirea succesiunii optime a loturilor de piese,

- Calculul timpilor de ocupare a posturilor de lucru,

- Planificarea prelucrării în paralel (simultan) a mai multor loturi de piese,

- Simularea încărcării posturilor de lucru cu luarea în considerație a condițiilor specifice procesului tehnologic,

- Administrarea programelor NC, redactarea instrucțiunilor și a datelor referitoare la SDV pentru posturile de lucru neautomatizate precum și pregătirea acestor posturi în funcție de sortimentul de piese programat.

b) *Nivelul pregătirii tehnologice a fabricației*, care constă în:

- Echiparea corespunzătoare și încărcarea posturilor de lucru.

- Schimbarea rapidă a dispunerii pieselor de prelucrat (în caz de apariție a unor perturbații) după criterii de optimizare a procesului de prelucrare.

- Coordonarea funcționării diferitelor sisteme de transport.

- Prereglarea, depozitarea și dispunerea corespunzătoare a dispozitivelor, paletelor și seturilor de scule.

- Pregătirea și transmiterea programelor NC și a planurilor de operații.

c) *Nivelul conducerii tehnice a procesului de producție (mașini și utilaje)*, care constă în:

- Realizarea circulației informațiilor cu ajutorul dispozitivelor de transport specifice.
- Optimizarea traiectoriilor roboților de transport.
- Administrarea locurilor de depozitare și a posturilor de așteptare (stocatoare tampon).
- Executarea operațiilor conform programelor NC și a planurilor de operații.
- Desfășurarea întregului program de circulație și prelucrare a datelor în cadrul procesului tehnologic.

Sistemul de calcul și conducere trebuie să asigure posibilitatea de modificare a acestuia în funcție de particularitățile fiecărei întreprinderi. Planificarea și lansarea contractelor în mod succesiv sau interpătrunse, posibilitățile multiple de clasificare a posturilor de lucru și a condițiilor specifice procesului tehnologic, conducerea în timp real a procesului, asigură o mare flexibilitate și permit exploatarea sistemului fără operatori umani pe durata unui schimb cel puțin.

Informațiile asupra desfășurării efective a procesului tehnologic sînt culese și transmise prin mijloace automatizate la nivelul pregătirii organizatorice și tehnologice a fabricației.

Pentru modificarea operativă a întregului proces de producție se pot folosi cataloage cuprinzătoare și o serie de liste conținînd informațiile privitoare la posibilitățile de schimbare a pregătirii de fabricație, ca de exemplu:

- oprirea mijloacelor de producție, a fluxului de materiale și de date NC;
- modificări de priorități;
- realizarea operativă a contractelor urgente;
- realizarea unor tehnologii speciale, ocolitoare ș.a.

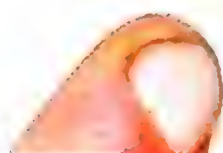
Multitudinea, diversitatea și complexitatea problemelor de conducere a sistemelor flexibile impun ca rezolvarea lor să se facă prin configurații flexibile de hardware și software, structurate ierarhic. Acestea trebuie să aibă o mare siguranță în exploatare în condițiile de lucru specifice halelor industriale de prelucrare a metalelor.

Echipamentul de calcul poate fi proiectat în funcție de numărul de utilaje și de gradul de echipare al acestora, specifice fiecărei aplicații. Interfața necesară pentru exploatarea mașinilor-unelte conduse direct cu calculatorul este standardizată deja în unele țări.

După anul 1980 se poate vorbi deja de un nou nivel de automatizare flexibilă — fabricația integrată cu calculator, prezentată în literatura de specialitate sub denumirea prescurtată CIM (=Computer Integrated Manufacturing). În cadrul acesteia se realizează:

- integrarea planificării, organizării și a producției pe calculator;
- legarea prin fluxul de informații tehnice, a diferitelor sectoare ale întreprinderii.

Conceptul CIM prevede utilizarea integrată a calculatoarelor în toate domeniile de activitate ale întreprinderii, atât în cele care se află în legătură directă cu producția cît și în domeniile preliminare procesului de



fabricație, cum ar fi dezvoltarea, proiectarea, planificarea muncii, care se desfășoară în cadrul atelierelor de concepție. Conceptul CIM cuprinde prin urmare:

- proiectarea constructivă asistată de calculator (CAD)
- proiectarea tehnologică și programarea asistată de calculator (CAP)
- fabricația asistată de calculator (CAM)
- controlul tehnic de calitate asistat de calculator (CAQ)
- service asistat de calculator (CAS).

Scopul propus este de a corela optim toate aceste sisteme de automatizare pentru a le putea lega între ele, din punct de vedere al metodologiei și a realiza ceea ce se cheamă noua tehnologie CAD—CAM.

Cuplarea fluxului de date și de informații din atelierelor de concepție cu mijloacele de fabricație automatizată, cu sistemele de transport și cu magaziile de semifabricate, SDV-uri și piese finite a dus la deplasarea centrului de greutate de la sarcina de automatizare referitoare la materiale și energie, la sarcina de automatizare pentru „pregătirea informațiilor”. Această sarcină, care la ora actuală se află în centrul atenției în tehnica de automatizare, are două părți importante:

- prelucrarea datelor și a informațiilor;
- transmiterea datelor și a informațiilor.

Noile sisteme de automatizare pentru proiectare, programare NC și fabricație, se integrează complet în lanțul de metodologii al fabricației, având la bază microcalculatoare „la locul de muncă” cu diferite terminale care pot fi legate între ele în cadrul rețelelor locale de calculatoare.

Astfel, între locurile de muncă se realizează un schimb de date fără intermediul „hîrtiei”, începînd cu programarea NC și ajungînd la fabricație, ceea ce reprezintă de fapt o nouă tehnologie.

În cadrul conceptului CIM, ca o perspectivă de viitor, pentru transferul spre calculator a activităților umane bazate pe experiența acumulată în domeniu, se prevede utilizarea metodologiilor de vîrf, specifice inteligenței artificiale.

În legătură cu aceasta se constată că fabricația integrată cu calculator va deveni în viitor un domeniu propice pentru implementarea unor sisteme-expert orientate spre rezolvarea problemelor de decizie și diagnoză.

Pe plan mondial există preocupări în elaborarea de sisteme-expert asociate proiectării și exploatării sistemelor flexibile de producție.

Un astfel de sistem-expert, poate răspunde la trei categorii de sarcini:

- sarcini legate de elaborarea software-ului de bază pentru comanda SFP;
- sarcini legate de operarea și diagnoza sistemului;
- sarcini legate de activitatea de simulare.

Avantajele introducerii sistemului-expert constau în faptul că el oferă mijloace evolute de planificare, de testare, simulare și diagnoză, mer-

gind pînă la explicarea cauzelor posibile ale defecțiunilor care îi sînt semnalate.

Efectele economice ale sistemelor flexibile sînt multiple și pentru a beneficia de ele este necesară o strategie pe termen lung adoptată în comun de furnizorii și utilizatorii acestora.

Implementarea judicioasă a sistemelor flexibile de fabricație asigură o eficiență care se traduce prin creșterea cu unul sau mai multe ordine de mărime a efectelor economice ale producției. Creșterea productivității, a eficienței capacităților de producție, este mult peste medie. Calitatea produselor, volumul producției, scurtarea duratei de execuție și economia de forță de muncă sînt printre cele mai evidente efecte economice, care se realizează în principal prin:

- flexibilitatea exprimată prin îndeplinirea rapidă și cu cheltuieli reduse a unor sarcini de producție care se schimbă frecvent;
- complexitate sporită a problemelor de producție rezolvate;
- interconectarea sistemului de prelucrare propriu-zis cu sistemele care asigură fluxul de materiale și fluxul de informații;
- ridicarea pe o treaptă superioară a planificării, organizării și conducerii fabricației.

La utilizatorul de sisteme flexibile au loc o serie de transformări în procesul de producție, ale căror efecte pozitive se pot aprecia în funcție de nivelul de bază de la care s-a început implementarea noilor tehnici de producție. După cum rezultă din datele apărute în literatura de specialitate, cele mai importante dintre acestea sînt:

- reducerea substanțială (cu 50—70%) a duratei ciclului de fabricație, însoțită de reducerea corespunzătoare a mijloacelor circulante necesare;
- scurtarea timpilor de prelucrare cu 20—50% concomitent cu creșterea nivelului calitativ al pieselor prelucrate;
- creșterea gradului de utilizare a mașinilor cu 40—60%;
- promptitudine sporită la solicitările pieței concomitent cu creșterea productivității cu 200—400%;
- economii de forță de muncă (reducere cu 30—70%);
- economie de mașini, utilaje și SDV-uri speciale în proporție de 20—50%;
- reducerea suprafețelor necesare pentru producție cu 20—40%;
- reducerea substanțială a rebuturilor și economii de materiale de ordinul a 10—20%;
- independența procesului de producție față de perturbațiile sau stagnările determinate de factori subiectivi.

Potrivit experienței acumulate pînă acum în diferite țări cele mai importante avantaje economice ale sistemelor flexibile decurg din: creșterea productivității și a duratei efective de exploatare a mașinilor și utilajelor, economiile de mijloace circulante și de costuri legate de acestea (dobînzii bancare, costurile suprafețelor ocupate, ș.a.) ca urmare a scurtării ciclului de producție. Date fiind diversitatea factorilor de influență și specificul fiecărei aplicații în parte, nu se pot trage concluzii general va-

labile decât sub forma unor tendințe care se manifestă în diferite domenii. Experiența proprie și cea dobândită pe plan internațional atestă o tendință pozitivă de reducere a pierderilor și crearea unor rezerve utile de timp de prelucrare, de personal etc.

Literatura de specialitate oferă următoarele date orientative referitoare la efectele economice ale utilizării sistemelor flexibile:

— comparînd timpul de funcționare în program la mașinile-unelte cu comandă numerică și la centrele de prelucrare, se constată o creștere de la 32% la 42% (ambele exploatare în două schimburi). La sistemele flexibile se ajunge la 84% (exploatare în trei schimburi). Durata de schimbare a sculelor și echipare cu SDV se reduce de la 18% la mașinile cu comandă numerică la 12% la centrele de prelucrare și ajunge la 4% la sistemele flexibile. Opririle din motive organizatorice ajung de la 8% la mașinile-unelte cu comandă numerică la 2,5% și chiar mai puțin la sistemele flexibile de prelucrare.

Timpul efectiv de exploatare constituie factorul determinant pentru reducerea pierderilor și creșterea efectelor utile. Comparația se face între un centru de prelucrare și o celulă flexibilă și rezultă o reducere a pierderilor de la 71% în primul caz la 47% în cel de-al doilea. Prin urmare, celula flexibilă poate asigura prelucrarea efectivă de piese pe durata a 53% din timpul maxim posibil de exploatare. Aceasta se realizează în principal prin:

- funcționarea fără operator uman pe durata unui schimb cel puțin;
- eliminarea pauzelor;
- schimbarea rapidă a programului de prelucrare;
- eliminarea perturbațiilor din motive organizatorice.

Creșterea ponderii defecțiunilor tehnice de la 1% la 4% constituie însă un efect negativ. La sistemele flexibile, care sînt alcătuite de regulă din celule de fabricație, toate aceste efecte se amplifică. Eficiența lor se manifestă în special atunci cînd se prelucrează un sortiment variat de piese și se asigură exploatarea permanentă a celulelor și sistemelor.

Cînd se fac calculele tehnico-economice pentru un caz concret trebuie să se estimeze cît mai realist obiectivele pentru care este destinat un nou sistem flexibil de prelucrare și să se facă o comparație cu diferite alte posibilități de realizare a acestora. Este deci necesară o analiză atentă a condițiilor existente, din care să reiasă unde anume este absolut necesară flexibilitatea, cu ce elemente se poate realiza și cît costă.

Efectele directe și indirecte ale implementării sistemelor flexibile se manifestă și în ceea ce privește forța de muncă. Într-o anumită măsură ele conduc la o restrîngere a operațiilor care cer intervenția omului (raționalizarea muncii), dar în același timp are loc o adîncire a conținutului muncii și o creștere a responsabilității personalului. De aceea trebuie să se acorde atenție încă din stadiul de proiectare a SFF, stabilirii cerințelor specifice care se impun în ceea ce privește personalul de punere în funcțiune și reglare, exploatare și întreținere și pe această bază să se ia din timp măsurile necesare pentru formarea cadrelor calificate. Eficiența de ansamblu a unui SFF este influențată în mod hotărîtor de capacitatea

și implicarea conștientă a tuturor celor care răspund de exploatarea lui intensivă.

De mare importanță este reducerea ciclului de fabricație a pieselor finite, care poate ajunge pînă la 50%. De aici rezultă o reducere absolută și relativă a mijloacelor circulante și implicit a dobînzilor. Reducerea consumurilor de materiale reprezintă un alt efect pozitiv.

În anumite cazuri raportul între efectele economice datorate scurtării ciclului de fabricație și reducerea cheltuielilor de retribuire a personalului ca urmare a creșterii productivității muncii, poate ajunge la 1 : 1.

Automatizarea flexibilă este factorul de influență cel mai activ în evoluția mașinilor-unelte, care constituie în ultima instanță elementele în jurul cărora se grupează toate celelalte componente ale sistemelor flexibile și care asigură în mod direct transformarea materialelor și semifabricatelor în piese finite.

3. Tendințe de evoluție în construcția mașinilor-unelte

Proiectanții și cercetătorii care lucrează în domeniul mașinilor-unelte abordează evoluția acestora prin prizma priorităților și cerințelor utilizatorilor, în perspectiva integrării în sisteme flexibile de fabricație.

Mașinile-unelte trebuie să fie mai precise, mai fiabile, să lucreze autonom 20—24 ore și să poată fi integrate în celule, sisteme, ateliere și uzine flexibile.

Se urmărește de asemenea o productivitate mai mare, utilizînd noi procedee de prelucrare, dispunînd de facilități de diagnosticare a defecțiunilor și de depanare, evitînd demontările.

Toate aceste cerințe conduc la o nouă structurare și o nouă arhitectură a mașinilor-unelte. Pentru a mări productivitatea și a reduce cît mai mult reglajele și demontările se manifestă tendința de a realiza pe aceeași mașină un număr cît mai mare de operații. Au apărut astfel centrele de prelucrare cu cinci axe, strungurile care, pe lîngă efectuarea de strunjiri succesive, permit efectuarea de operații de frezare, găurire, alezare, filetare într-o singură prindere a piesei de prelucrat, ș.a.

Pe lîngă arhitectura de ansamblu a mașinilor-unelte vor suferi modificări importante construcția și materialele principalelor piese de structură, organe și subansambluri.

Din motive de rezistență, fiabilitate și comportare la vibrații, are loc o reîntoarcere la batiuri din fontă în locul celor sudate. Dar viitorul este al materialelor noi (amestecuri de beton — rășină epoxidică, materiale compozite). Betonul precomprimat, cu liant epoxidic, este deja utilizat de 3—4 ani de unii constructori de strunguri din Europa. În Japonia cercetările au în vedere introducerea noilor materiale nu numai la batiuri, ci și la portsculele pentru strunguri. S-au făcut experimentări cu mai multe amestecuri, de exemplu cu granule de carbonat de calciu cu dia-



metrul de 0,003 mm care reduc cantitatea necesară de rășină, cresc rezistența și modulul de elasticitate al materialului. Primele rezultate indică o creștere a durabilității sculelor celor mai fragile (metaloceramice), fără a se semnala efecte nedorite.

Se fac de asemenea cercetări pentru extinderea utilizării batiurilor de beton la mașinile de frezat și centrele de prelucrare — Absorbția vibrațiilor este spectaculoasă, materialul fiind adecvat pentru utilaje care asigură precizii de prelucrare de ordinul a 0,01 mm.

În construcția mașinilor de rectificat s-au obținut rezultate bune cu batiuri din granit sintetic și rășini epoxidice, care asigură o absorbție a vibrațiilor de cca șase ori mai bună decât batiurile din fontă.

În ceea ce privește utilizarea materialelor compozite în domeniul mașinilor-unelte se poate da ca exemplu prototipul mașinii de frezat longitudinal cu portal realizat de Mechanical Engineering Laboratory în cadrul programului japonez privind noua generație de sisteme flexibile de fabricație. Materialele folosite sînt mase plastice (rășini poliesterice) armate cu fibră de sticlă pentru batiu și material tip sandvis (fibre de sticlă — fibre de carbon) pentru portal. Acestea absorb vibrațiile de cca 10 ori mai bine decât fonta.

În construcția ghidajelor de mașini-unelte, atît în țara noastră, cît și în alte țări se utilizează de mai mulți ani placarea cu materiale plastice sau cu diferite rășini cu aditivi antifricțiune (de exemplu grafit sau bisulfură de molibden). Cercetările sînt orientate spre obținerea de materiale care vor permite realizarea de viteze de deplasare rapidă superioare, în prezent acestea fiind limitate de 10—12 m/min.

Pentru prelucrările de înaltă precizie se cere o foarte bună stabilitate la temperaturi ridicate. O soluție în acest sens este utilizarea de lagăre, broșe și portbroșe din materiale ceramice care nu necesită răcire. Au apărut deja pe piața mondială strunguri mici, de mare precizie, care permit realizarea de toleranțe de prelucrare de ordinul zecimilor de micron, dar prețul acestora este de peste trei ori mai mare decât al strungurilor de precizie clasice.

Realizarea de mașini-unelte capabile să funcționeze fără supraveghere umană implică dispunerea unor sensori și traductori în mai multe puncte ale mașinii. Actualmente cercetările cele mai numeroase se întreprind în strînsă legătură cu sculele așchietoare. Detectarea deteriorării sculei deja nu mai ridică probleme tehnice deosebite. Se cere însă rezolvată problema evaluării uzurii și pe această bază, transmiterea comenzii de corectare a programului sau de schimbare a sculei înainte de a se produce ruperea ei sau de a apărea efecte nedorite pe piesa prelucrată.

Se aplică diferite tehnici de măsurare directă asupra sculei sau indirectă, prin intermediul unor parametri influențați de uzura sculei. Palpatorii de măsurare prin contact și sculele cu „martori“ de uzură încorporați fac parte din prima categorie.

Perspectivă deosebită în această direcție deschide însă optoelectronica.

Pentru controlul uzurii sculelor de strunjire în afara zonei de așchiere este cunoscută metoda utilizării unei camere de luat vederi care vi-

zează profilul cuțitului și îl compară cu profilul standard al sculei neuzate, dînd semnale corespunzătoare atunci cînd s-a ajuns la limitele cîmpului de toleranță. O firmă canadiană a realizat un dispozitiv bazat pe plasarea unei fibre optice într-un orificiu practicat în corpul sculei. Un fotodetector sesizează depunerile pe tăiș sau apariția microfisurilor care preced ruperea.

O altă posibilitate constă în trecerea sculei prin fața unei raze laser care măsoară dimensiunile și starea suprafeței, transmițînd impulsuri care sînt prelucrate în echipamentul CNC al mașinii.

Tehnicile de măsurare indirectă par în momentul de față mai ușor de pus în practică. Utilizatorii dispun astăzi de mașini-unelte echipate cu broșe la care măsurarea eforturilor datorate procesului de așchiere se face cu mărci tensometrice montate pe rulmenți. Deși mai precisă decît măsurarea puterii absorbite de motorul electric de antrenare, această metodă nu satisface pe deplin cerințele impuse de exploatarea mașinilor-unelte în sisteme flexibile de prelucrare.

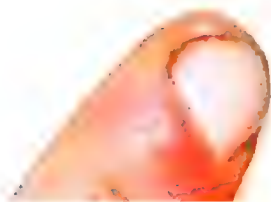
Alte cercetări sînt îndreptate spre evaluarea uzurii sculelor pe baza analizei vibrațiilor sau a emisiunii sonore determinate de procesul de așchiere.

Prin metode asemănătoare cu cele prezentate mai sus în legătură cu sculele, se efectuează și măsurarea dimensională și a calității suprafețelor pieselor direct pe mașina-unelte, cu posibilitatea introducerii de corecții corespunzătoare în programele de prelucrare. Tot în acest scop se experimentează tehnicile de recunoaștere și analiză a imaginilor cu camere de luat vederi, cu laser, cu fascicul de electroni (scanning).

Mult mai dificil de rezolvat și încă în stadiul incipient de abordare, sînt problemele legate de măsurarea deformațiilor mașinilor-unelte ca urmare a fenomenelor termice și dinamice care au loc în timpul prelucrării, sau datorită proceselor de îmbătrînire.

O tendință importantă în domeniul exploatării mașinilor-unelte, cu repercusiuni evidente asupra construcției acestora, este extinderea prelucrărilor cu viteze mari de așchiere. Pînă în prezent progresele cele mai importante s-au înregistrat la prelucrarea prin rectificare rapidă. Execuția pieselor din aliaje ușoare, specifice construcțiilor aero-spațiale a impus însă creșterea substanțială a vitezei de așchiere și la prelucrările cu scule cu muchii cu geometria definită. Trecîndu-se la viteze cu unul sau mai multe ordine de mărime superioare celor uzuale se diminuează forțele de așchiere și implicit încălzirea sculei și a piesei, devenind posibilă prelucrarea pieselor fine, cu pereți subțiri. Se reduc de asemenea timpii de prelucrare și uzura sculelor. Prelucrarea cu mare viteză este competitivă și la uzinarea materialelor compozite de tip carbon-carbon sau a materialelor ceramice.

Obiectivul cercetărilor pentru următorii 3—5 ani îl reprezintă atingera vitezelor de 2 500 m/min la prelucrarea fontei și 2 000 m/min la prelucrarea oțelurilor carbon de calitate, ceea ce va permite reducerea de pînă la cinci ori a timpului global de prelucrare și suprimarea unor operații de rectificare, datorită obținerii unor calități superioare ale suprafețelor.



Acestea presupun eforturi deosebite în direcția realizării unor noi materiale și profiluri de scule, noi tipuri de scule. Integrarea în celule și sisteme flexibile implică perfecționarea portsculelor, a sistemului de identificare și schimbare automată a sculelor, în condiții de precizie și siguranță în exploatare ridicată.

Creșterea debitului de așchii la prelucrările cu viteze mari impune găsirea unor noi soluții pentru evacuarea acestora. De asemenea sînt necesare noi tipuri de lichide de răcire — ungere, noi procedee și mijloace de aducere a lor în zona de așchiere și de supraveghere permanentă a compoziției și calității lor.

În contextul arătat se impune acordarea unei atenții deosebite și rezolvarea într-o concepție cu totul nouă a problemelor legate de tehnica securității muncii și protecția mediului înconjurător.

Încercînd să schițăm o imagine a mașinii-unelte a viitorului am putea spune că aceasta se prezintă ca o cutie mare, complet închisă în care sînt introduse semifabricate brute și din care ies piese finite. În interior sînt integrate toate funcțiunile: prelucrare, schimbare automată a sculelor și a pieselor, debavurare, curățare, măsurare. Atașat mașinii se află echipamentul electronic de conducere a procesului de prelucrare în mod autonom sau în legătură cu un calculator de mare putere care asigură conducerea unui sistem flexibil de fabricație.

Particularitățile mașinilor-unelte din viitor vor fi determinate de noile tehnici așa-numite neconvenționale de prelucrare (electroeroziune, electrochimice, ultrasonice, cu laser, cu fascicul de electroni etc.) și de utilizarea acestora fie separat fie în combinație cu procedeele de prelucrare prin așchiere sau prin deformare. Pentru exemplificare menționăm că prin utilizarea laserului s-a realizat reunirea pe un utilaj tip mașină-unealtă a procedeelor care în mod normal se aplică în ateliere separate: sudarea și tratamentul termic.

Tot cu ajutorul optoelectronicii se încearcă trecerea pe același utilaj de la un procedeu la altul: decupare, sudare, tratament termic localizat.

Un punct comun al tuturor procedeelor de prelucrare amintite mai sus îl constituie faptul că necesită sisteme mai elaborate de comandă numerică și sisteme de acționare de înaltă performanță.

Evoluția mașinilor-unelte spre sisteme de producție implică dezvoltarea comenzilor numerice în mai multe direcții. Ele vor trebui să răspundă cerințelor de modularitate și de descompunere a axelor, de integrare în sisteme flexibile, recepționare și prelucrare a informațiilor de la captori și comunicare cu exteriorul (racordare la rețele ierarhice de conducere cu calculatorul), de asigurare a dialogului cu operatorul în sistem conversațional. Sistemul de comandă numerică, dotat cu display grafic permite detectarea și indicarea defecțiunilor mașinii și ale echipamentului de comandă, acesta fiind un prim pas spre aplicarea sistemelor expert în exploatarea și întreținerea mașinilor-unelte.

În plină evoluție sînt și limbajele de programare, factorul de influență cel mai puternic în acest domeniu constituindu-l asocierea prelucrării cu robotica. Limbajele se complică, tind să devină mai sintetice, capătă un caracter informatic mai accentuat.

În cadrul lucrării de față s-a făcut o prezentare succintă a stadiului actual și a principalelor tendințe de evoluție în domeniul producției de piese prelucrate în legătură cu apariția de noi materiale, noi tehnologii și noi cerințe legate de automatizarea proceselor de producție. Pentru a exemplifica stadiul actual în acest domeniu în țara noastră, în anexă se prezintă caracteristicile unei linii automate flexibile pentru prelucrarea tamburilor de frână, destinată exportului.

Linie automată flexibilă pentru prelucrarea tamburilor de frână

Începînd din anul 1985 sub îndrumarea Consiliului Național pentru Știință și Tehnologie și în cadrul Ministerului Industriei Electrotehnice, a fost elaborat și aprobat „Programul de sisteme flexibile ce se vor realiza în R.S.R. în perioada 1986—1990”, al cărui coordonator este Institutul Central pentru Industria Electrotehnică și Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Mașini-Unelte București.

În cadrul acestui program au fost proiectate linii automate flexibile, pentru prelucrat biele, bolțuri, pistoane, blocuri motor, piese de echipament hidraulic etc. pentru întreprinderi ca 23 August București, Steaua Roșie București, I.S.E.H. Focșani, Întreprinderea de Autoturisme Pitești și Întreprinderea Balanța Sibiu, cît și pentru export.

Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Mașini-unelte București în calitate de proiectant general a elaborat proiectul complex pentru o linie automată flexibilă de prelucrare a tamburilor de frînă pentru autovehicule.

La realizarea proiectului și-au mai adus contribuția și alte 6 institute din cadrul Ministerului Industriei Electrotehnice, Ministerului Industriei Construcției de Mașini și Ministerului Industriei de Utilaj Greu.

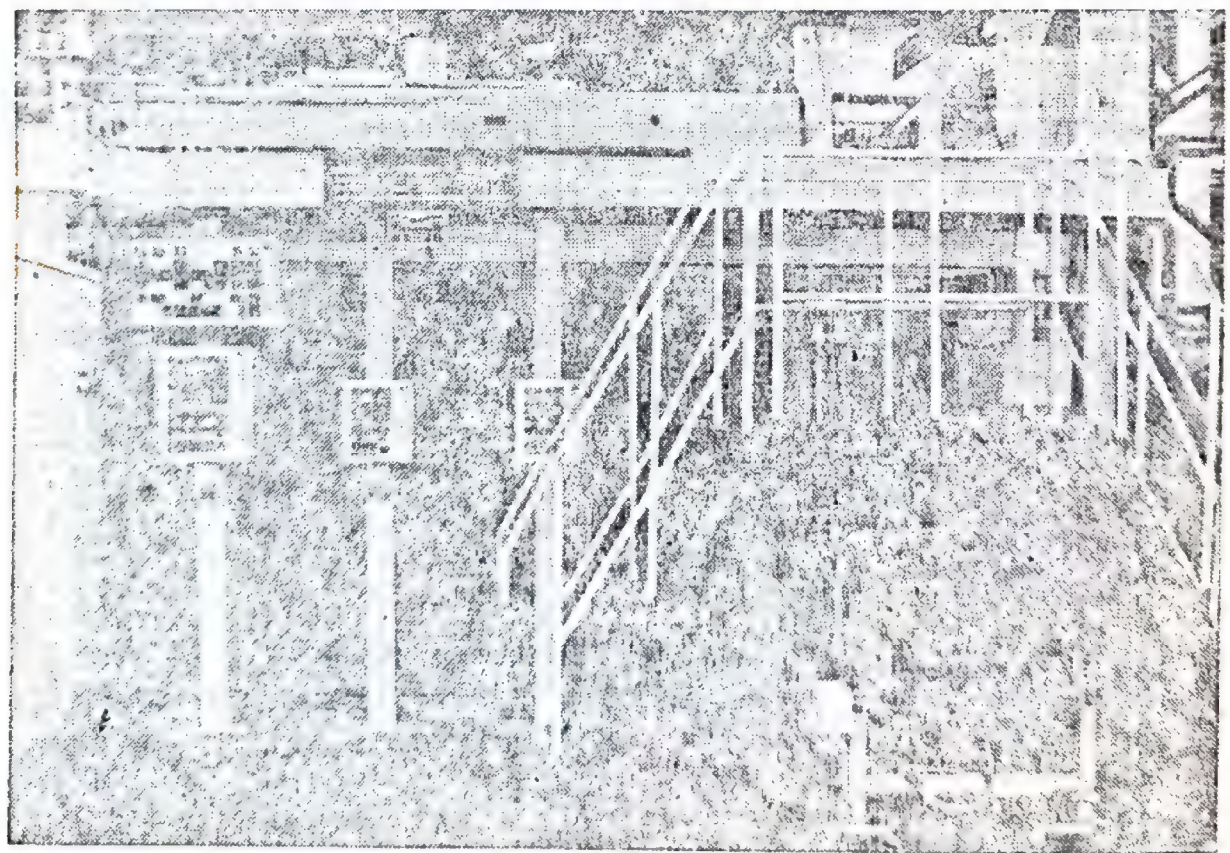
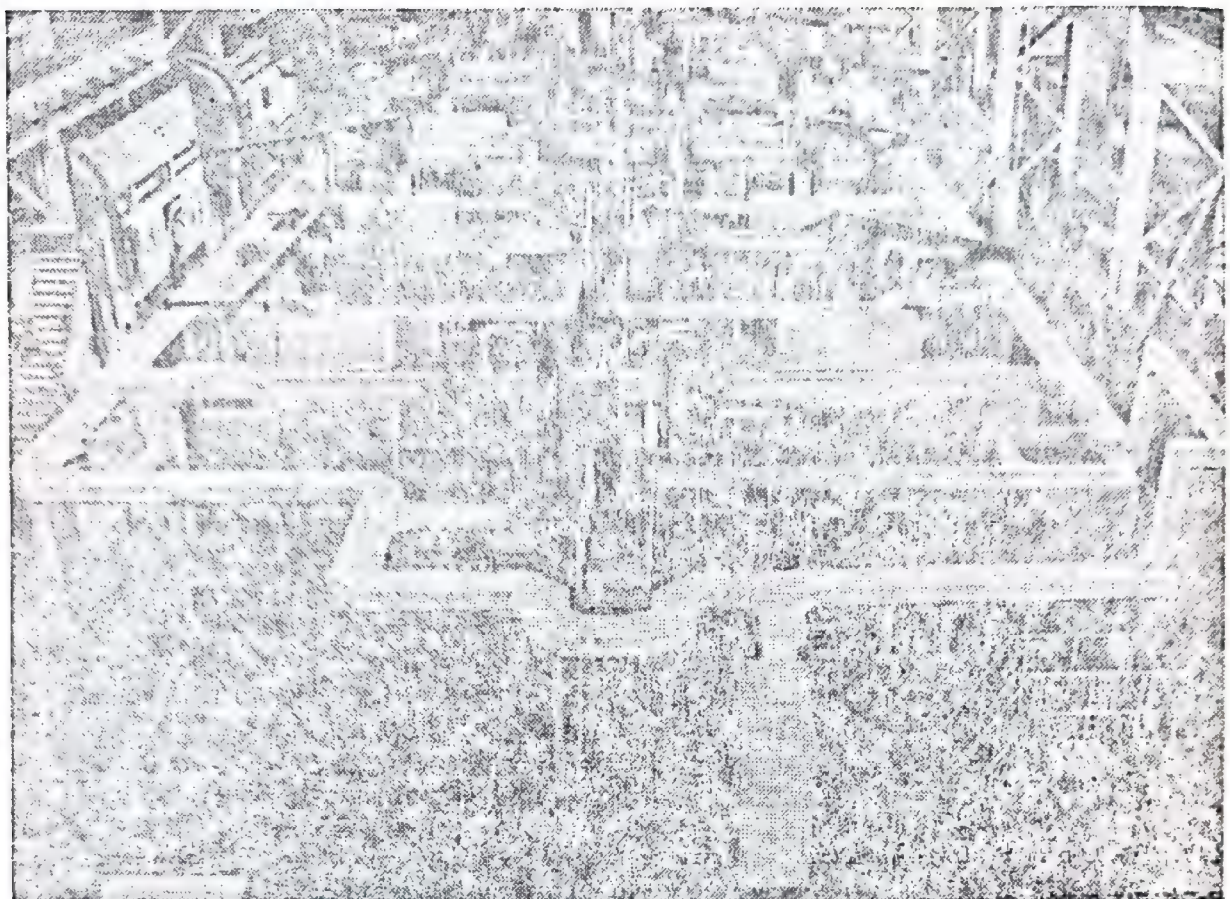
Elaborarea proiectului complex s-a făcut printr-o strînsă corelare a activității între colectivul de cercetare din Institutul de Cercetare Științifică și Inginerie Tehnologică pentru Mașini-Unelte și celelalte institute din Republica Socialistă România și o grupă din cadrul Institutului de Proiectare pentru Mașini-Unelte — I.B.B. din Berlin în cadrul colaborării bilaterale tehnico-științifice dintre Republica Socialistă România și Republica Democrată Germană.

Performanțele pieselor (vezi pag. 61) prelucrate în cadrul liniei flexibile sînt:

— diametrul	500 mm
— înălțimea	265 mm
— greutatea	75 kgf.

Linia este dimensionată să asigure prelucrarea a trei tipuri de piese într-o producție anuală de 250 000 bucăți în două schimburi, cu o productivitate de 60 bucăți/oră, respectiv un tambur pe minut.





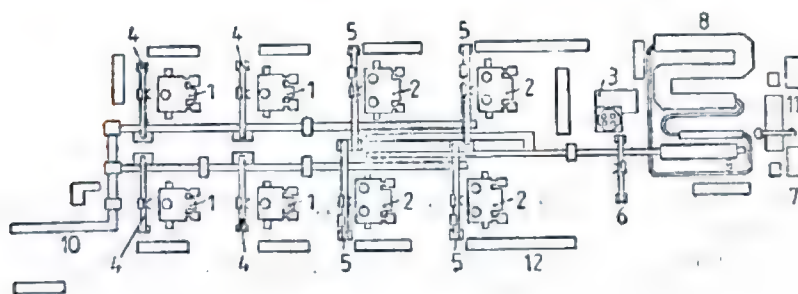
amenajari
ecologice





Piese prelucrate - 3 tipuri tamburi frână
 Productivitatea - 60 buc/h
 Producție - 250 000 buc/an
 Durata unui ciclu complet - 30 min
 Tact linie - 1 buc/min
 Putere instalată - 1300 kw
 Suprafața ocupată (63x17) m²

- 4 strunguri verticale cu un platou SV 1/5
 - 4 strunguri verticale cu două platforme SV 2/5
 - 1 agregat găurit-filetat
 - 4 manipulatori MP 150
 - 4 manipulatori MP 300
 - 1 manipulator MS 150
 - 1 manipulator MEP 100-1
 - 2 instalații conservare
 - 1 sistem de transport



LEGENDA:

1-Strunguri verticale cu un platou SV1/5
 2-Strunguri verticale cu două platforme SV2/5
 3-Agregat de găurit și filetat
 4-Manipulatori MP 150
 5-Manipulatori MP 300
 6-Manipulatori MS 150

7-Manipulator MEP 100-1
 8-Instalație conservare termen lung
 9-Instalație conservare termen scurt
 10-Sistem de transport
 11-Stație de paletare
 12-Dulapuri electrice

Realizarea aceluiași număr de piese pe mașini-unelte standard, ar fi necesitat 89 mașini-unelte convenționale pe schimb, servite de 89 muncitori față de 5 muncitori care servesc linia automată.

Linia, excutată la Întreprinderea de Mașini-Unelte Bacău (vezi pag. 60) efectuează în regim automat următoarele operații:

- preluarea pieselor brute de la instalația de turnare din amonte;
- transferul pieselor în cadrul liniei de la o operație la alta;
- prelucrările mecanice de strunjire în regim de degroșare și finisare;
- prelucrările mecanice de găurire și filetare;
- controlul dimensional automat al pieselor după operația de finisare;
- spălarea, degresarea, conservarea pe termen lung;
- conservarea pe termen scurt;
- contorizarea pieselor care intră și care ies din linie;
- preluarea și predarea containerelor pentru stocarea tamburilor.

Din punct de vedere al structurii, linia automată flexibilă cuprinde, ca unități componente de bază următoarele (vezi și pag. 61):

- un sistem general de transport — dirijare — orientare a pieselor;
- 4 celule cu strunguri verticale cu un platou tip SV 1/5 CNC;
- 4 celule cu strunguri verticale cu două platouri tip SV 2/5 — CNC;
- 1 celulă cu agregat special pentru găurit și filetat;
- 1 instalație automată pentru conservare pe termen lung;
- 1 instalație automată pentru conservare pe termen scurt;
- 1 stație de prereglare și depozitare scule și portscule;
- 1 instalație de comandă și urmărire centralizată a întregului proces din linia automată;
- 1 instalație electrică de distribuție de forță;
- elemente de protecție și acces.

Toate aceste componente sînt grupate în 13 unități funcționale, din care 9 celule flexibile automate și 4 grupuri funcționale automate, controlate de un număr de 16 echipamente de comandă numerică și 13 automate programabile, ceea ce oferă o mare flexibilitate întregului sistem.

BIBLIOGRAFIE

1. DEFAUX, M. *La Machine-outil du futur*. În: *L'Usine Nouvelle*, nr. 36, 5 sept. 1985, pp. 56—61.
2. GABOR, D. ș.a. *Să ieșim din epoca risipei* (Raport către Clubul de la Roma). București, Editura Politică, 1983.
3. HATVANY, J. ș.a. *Rezultate ale unui studiu mondial al fabricației asistate de calculator*. În: *Automatica, management, calculatoare (AMC)*, vol. 39. București, Editura Tehnică, 1984, pp. 122—136.
4. LEONTIEF, W. *Viitorul economiei mondiale*. București, Editura Științifică și Enciclopedică, 1977.
5. MIHĂESCU, B. R. *Tendențe de evoluție în construcția și exploatarea mașinilor-unelte și aspecte social-economice legate de acestea*. Lucrările Conferinței

- „Realizări și tendințe în dezvoltarea mașinilor-unelte“ — vol. I, I.C.S.I.T.M.U. — București, 1983, pp. 1—10.
6. SANDU A. *Perfecționarea organizării și conducerii activității de cercetare, dezvoltare și introducere a progresului tehnic în domeniul mașinilor-unelte.* — Acad. Ștefan Gheorghiu — Institutul Central pentru pregătirea cadrelor de conducere, București, 1983.
 7. SANDU, A. ș.a. *Integrarea elementelor de programare și conducere asistate de calculator în cadrul sistemelor flexibile de producție.* Sesiunea de comunicări a Academiei R.S.R. din 16 mai 1986.
 8. VASILESCU, GH. ș.a. *Proгноza de dezvoltare a științei, tehnologiei și progresului tehnic privind mașinile-unelte și sistemele de mașini pentru prelucrarea metalelor pentru perioada 1986—2010.* I.C.S.I.T.M.U. — București, 1982.
 9. * * * *Direcții prioritare ale progresului tehnico-științific până în anii 2000—2010.* Institutul Central pentru Industria Electrotehnică, București, 1985.
 10. * * * *Flexibile Fertigungssysteme von WMW.* În: publicație WMW, R. D. Germană, 1985.
 11. * * * *Revoluția științifico-tehnică și aplicațiile ei în dezvoltarea socială a României.* București, Editura Politică, 1986.
 12. * * * *Tout sur la flexibilité.* În: *Machine-Outil*, nr. 7—8, iul-aug. 1985, pp. 19—45

Cerințele actuale în dezvoltarea sectoarelor calde

Ing. Mircea Drăgulin

Institutul de Cercetare Științifică,
Inginerie Tehnologică și Proiectare
Sectoare Calde Metalurgice — București

Utilizarea rațională a materialelor este una din problemele esențiale care preocupă cercetarea și tehnologia în majoritatea țărilor lumii. Metalele și aliajele lor reprezintă în această activitate un obiectiv major atît pentru sectoarele producătoare cît și pentru consumatori.

În industria constructoare de mașini, a cărei dezvoltare calitativă și cantitativă are un rol determinant în dinamica progreselor economice și sociale, sectoarele „calde” (turnătorii, forje și tratamente termice) sînt primele generatoare ale calității și oferă resurse potențiale de economii de metal și energie.

Tendința marcată în producția acestor sectoare este de a obține piese cu durată de viață și fiabilitate sporite, cu consumuri specifice minime de metal, energie, combustibil și materiale tehnologice auxiliare.

Concomitent cu creșterea și diversificarea producției de mașini și utilaje, o dezvoltare corelată și armonizată a sectoarelor calde reprezintă strategia de urmat în continuare în condițiile asimilării și implementării utilajelor de vîrf, a materialelor noi, cu utilizarea la maximum a caracteristicilor lor potențiale.

Deși se extind tendințele de înlocuire a metalelor și aliajelor lor, se constată că acestea rămîn materialul de bază în producția industrială de mașini, echipamente și aparate.

O proiecție a evaluării în diverse etape a tendințelor de creștere a producției și consumului de oțel pînă în anul 2 000 (fig. 4.1) arată totuși moderarea valorilor după anul 1982 datorită crizei energetice, apariției de noi materiale, creșterii productivității și impactului microelectronicii. Aceasta va conduce spre a patra revoluție industrială, mai importantă decît apariția mașinii cu abur, a căii ferate și automobilului [1].

Microelectronica va influența întîi execuția pieselor și sculelor prin proiectarea și fabricația asistate de calculator (PAC și FAC).

Avantajele sistemului PAC/FAC se exemplifică prin dublarea producției, reducerea manoperei cu 80%, a investițiilor cu 70%, și reducerea suprafeței halelor cu 50% [2].

Toate acestea vor conduce la reducerea pierderilor tehnologice, a stocurilor de materiale și piese și a necesarului de utilaje.

Evoluția producției de piese turnate, forjate și tratate termic final în R. S. România este reprezentată în figura 4.2. Se observă o creștere permanentă, dar moderată, datorită reducerii consumurilor specifice de metal și acțiunilor de reproiectare și înnoire a produselor.

Alte proiecții, arată creșteri moderate pe plan mondial, dar, în expresie valorică, creșterile sînt semnificative, pe seama aliajelor speciale, a productivității, a pieselor cu garanții de calitate pentru domenii speciale ca: energetica nucleară, tehnica militară, aerospațială, forajul marin și de mare adîncime ș.a.

Este de prevăzut ca proiectarea constructivă și optimizările tehnologice, noile materiale din domeniul metalelor dar și înlocuitorii să aibă o contribuție la ameliorarea indicelui de valorificare a metalului în produse. Acesta este un parametru macroeconomic definit de CEE-ONU prin raportul dintre consumul de metal și valoarea producției realizate, considerate la prețuri constante. Acest raport se schimbă în timp, depinzînd de stadiul de dezvoltare economică și structura producției industriale ale sistemului economic în cauză.

În acest concept s-au definit cinci stadii de evoluție tipică a consumului de metal în cazul dezvoltării unei economii:

Stadiul I caracterizat prin consumuri relativ scăzute de metal, corespunde dezvoltării construcției de mașini agricole, de utilaj alimentar, de echipamente pentru exploatarea zăcămintelor minerale și pentru industria ușoară.

Stadiul al II-lea corespunde dezvoltării construcțiilor de material rulant, naval, poduri, construcții metalice industriale. Aceasta este o perioadă de consum ridicat de metal, în special oțel.

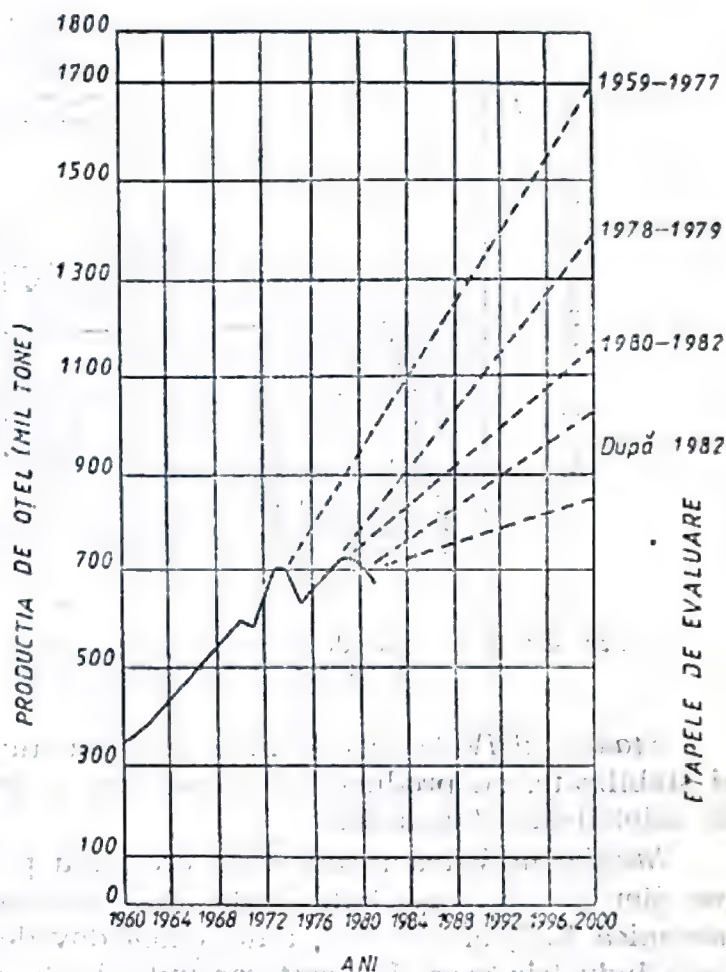


Fig. 4.1. Proгноza producției și consumului mondial de oțel pentru perioada 1975—2000 în funcție de anul evaluării [1].

Stadiul al III-lea este caracterizat printr-o creștere rapidă de consum de metal, prin dezvoltarea industriei prelucrătoare de serie, de echipamente energetice, utilaj petrolier, nave etc., care stimulează producerea și consumul de piese turnate și forjate complexe. În această fază producția lor trebuie să crească cu o dinamică mai mare decât indicatorii generali ai economiei.

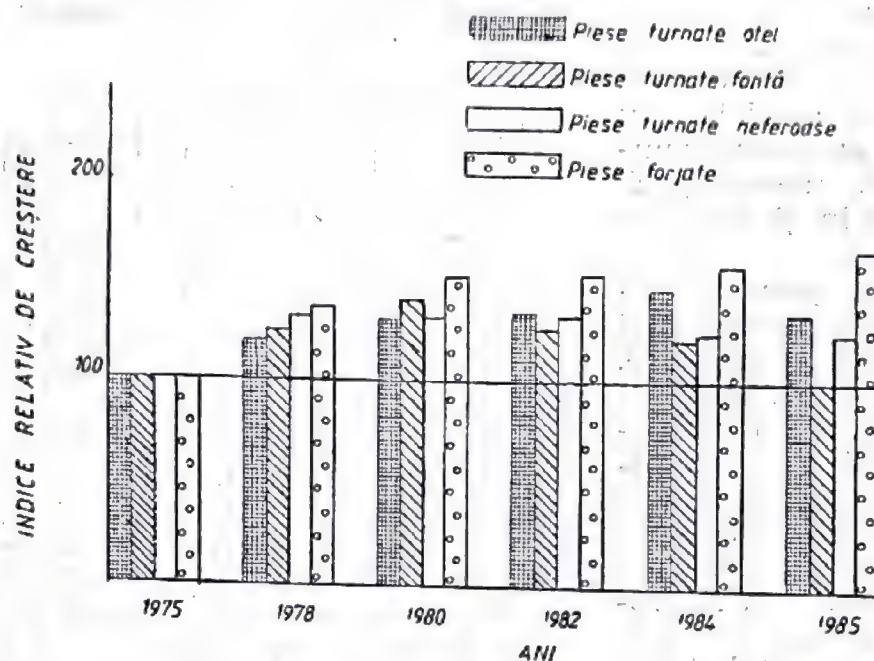


Fig. 4.2. Producția de piese turnate, forjate și tratate termic în R. S. România în perioada 1976—1985.

Stadiul al IV-lea corespunde unei structuri industriale bine conturate și stabilizate, cu producție și consumuri de metal constante și cu indice de valorificare stagnantă.

Stadiul al V-lea începe când creșterea producției conduce la saturația pieței cu produse industriale. În acest stadiu, sectoare industriale ca: mecanica fină, electronica, automatica dovedesc o creștere mai dinamică decât industria grea. În acest caz indicele de consum de metal raportat la valoarea producției are o tendință de scădere.

În tabelul 4.1 este redată evoluția acestui indice de valorificare a oțelului (kg/\$ PNB) în câteva țări, din grupe diferite de dezvoltare, pentru intervalul 1960—1980 [1].

Se observă scăderea indicelui de consum de oțel în țări dezvoltate industrial, pe seama structurii producției care tinde spre dezvoltarea producției de mașini electrice, echipamente electronice, și de automatizare, tehnică de calcul, optică și mecanică fină și scăderea producției de nave și alte produse mari consumatoare de metal și energie, precum și prin reînnoirea produselor, reducerea consumurilor specifice ca urmare a asi-

Tabelul 4.1

Tara	1960	1969	1973	1980
Suedia	0,1017	0,0948	0,0872	0,0537
Franta	0,0845	0,0846	0,0771	0,0503
Anglia	0,1303	0,1156	0,1024	0,0547
S.U.A.	0,0975	0,1019	0,0959	0,0634
U.R.S.S.	0,4353	0,2626	0,2577	0,2182
R. S. Cehoslovacă	0,3367	0,2981	0,2790	0,2408
R. P. Ungară	0,2334	0,2028	0,1827	0,1433
India	0,0925	0,0889	0,0937	0,0908

milării de materiale cu proprietăți superioare și a unor tehnologii noi, mai eficiente.

Este neîndoios că realizarea formei și preciziei pieselor prin aşchiere din produse laminate este tehnologia cu consumurile specifice cele mai mari de metal. Deseori piesele finite reprezintă sub 50% din masa metalului folosit. Aşchiera este recomandabilă pentru produse care nu se repetă sau ca o tehnologie de finisare după aplicarea altor tehnologii de obținere a formei. În acest context, precum și atunci când mărimea seriei (lotului), natura materialului sau configurația piesei nu permit execuția exclusiv prin aşchiere, devin interesante tehnologiile de turnare, matrițare, forjare — cu condiția ca să nu fie mai costisitoare decât aşchiera, din ce în ce mai eficientă pe mașini automate, chiar și cu pierderile prin deșeuri (aşchii).

Aceste tehnologii fac obiectul activității sectoarelor calde și vom încerca, în continuare, să analizăm tendințele de dezvoltare a acestora într-o viziune orientată de politica generală economică a țării.

1. Turnătorii

Producția de piese turnate a României a crescut la toate sortimentele conform fig. 4.2. O clasificare pe sortimente și grupe principale tehnologice este reprezentată în fig. 4.3 ... 4.6.

Se constată o creștere relativă și absolută importantă la oțeluri aliate, inclusiv refractare, anticorozive și manganoase și o scădere relativă a oțelurilor carbon turnate în piese (fig. 4.3). Aceasta se explică prin programele energetice abordate, cât și prin tendința de înlocuire a oțelurilor cu fonte, în special cu fonte cu grafit nodular, maleabile și refractare (fig. 4.4).

Turnarea de precizie s-a dublat în anul 1984 față de anul 1976 (fig. 4.5), păstrându-se ponderea pieselor din oțel la 93%.

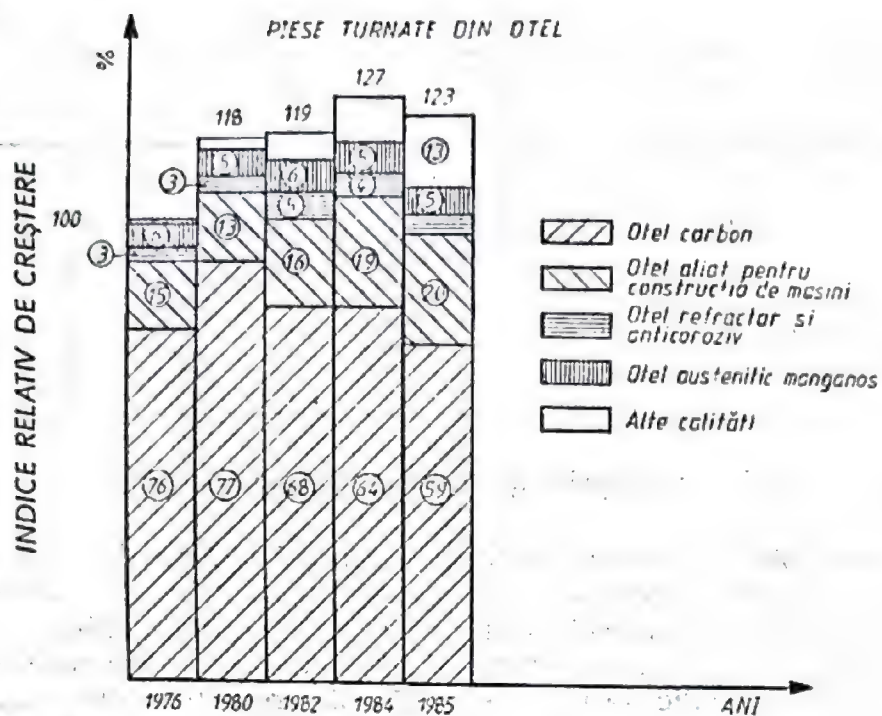


Fig. 4.3. Structura producției de piese turnate din oțel în R. S. România în perioada 1976—1985.

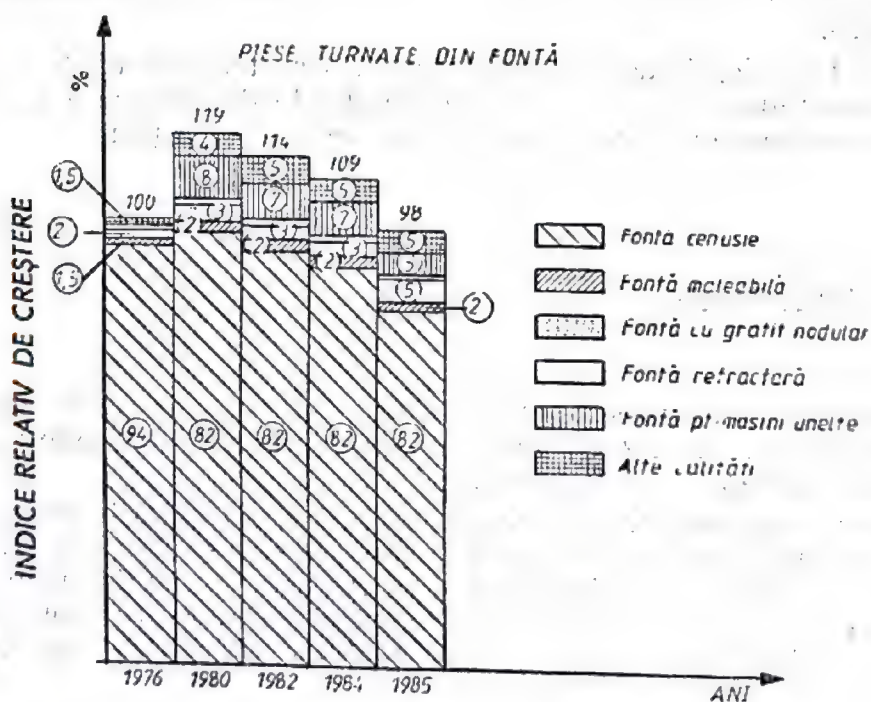


Fig. 4.4. Structura producției de piese turnate din fontă în R. S. România în perioada 1976—1985.

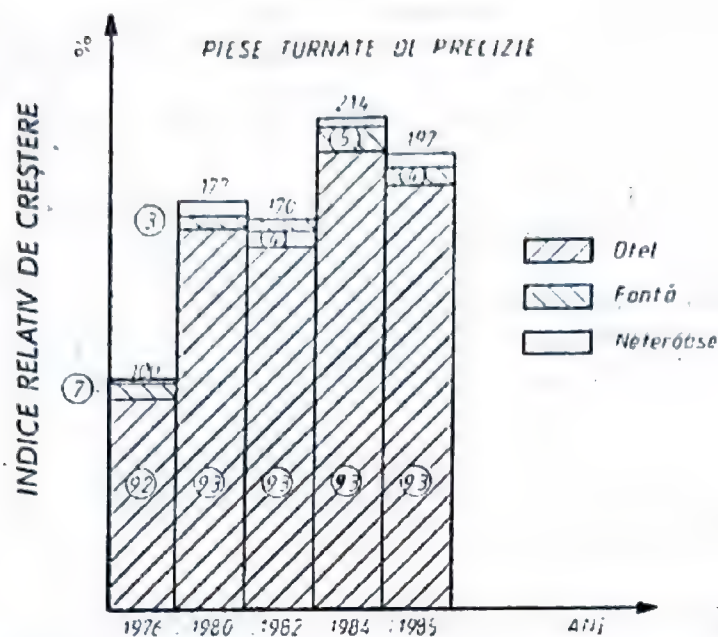


Fig. 4.5. Structura producției de piese turnate de precizie în R. S. România în perioada 1976—1985.

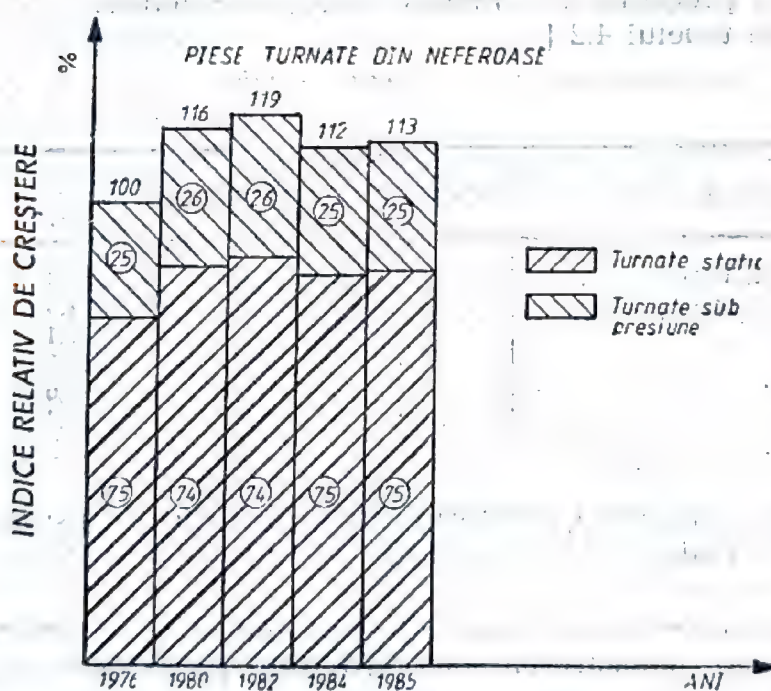


Fig. 4.6. Structura producției de piese turnate din aliaje neferoase în R. S. România în perioada 1976—1985.

La aliaje neferoase, turnarea sub presiune are aceeași pondere ($\approx 25\%$) datorită limitării procedurii numai la aliajele ușoare (fig. 4.6).

Este de prevăzut o creștere a ponderii oțelurilor refractare și inoxidabile, ținând seama de programele energetice și de utilaj tehnologic pentru industrie.

Industria de serie va consuma în continuare cantități însemnate de piese turnate, deși industria automobilului, spre exemplu — una din marile consumatoare de metal — manifestă tendințe de scădere a consumurilor; automobilul mediu american, care cântărea 1 800 kg în 1970, a scăzut la 1 397 kg în 1980 și la 925 kg în 1985, cu modificări substanțiale, însă, în structura următoarelor grupe principale de materiale:

	1975	1985
Oțeluri aliate	2,7%	12,5%
Aliaje de aluminiu	2,2%	6,5%
Mase plastice	4,2%	10,5%

Această orientare este justificată prin introducerea indicatorului cost/durată de viață, care scade de la 2 : 1,5 la 3,35 : 5 [1], spre exemplu la sistemul de evacuare a gazelor arse la un motor de automobil.

Luat ca an de referință 1960, consumul de aluminiu și mase plastice, la un automobil european, a urcat cu 40 ... 80 kg în 1977 și se prevede dublarea acestui consum în 1990, în detrimentul oțelului, care reprezenta 70% în 1970, 65% în 1980 și va scădea la 55% în 1990.

Distribuția procentuală a materialelor pe un autovehicul, în evoluția sa, este dată în tabelul 4.2 [4].

Tabelul 4.2

Material	Anul			
	1973	1977	1980	1983
Oțel și fontă, din care:	81,1	80,9	78,0	76
tablă de înaltă rezistență	—	0,5	1,4	4,1
tablă galvanizată	—	4,4	7,1	7,8
oțeluri speciale	17,5	16,1	14,7	14,3
Aliaje neferoase	5	4,7	5,6	5,6
Materiale nemetalice	13,9	14,4	16,4	18,4

Din diferite statistici, sectorul transporturilor consumă cele mai multe piese din aliaje de aluminiu: Japonia 76,6%, S.U.A. 50%, în 1978 [5].

Aceste tendințe sînt de așteptat și în industria automobilului de la noi din țară, pentru păstrarea competitivității pe piața mondială.

În aceste condiții, cercetarea de noi materiale înlocuitoare de metale, precum și de noi tratamente termice și de suprafață vor trebui să contribuie în paralel.

O resursă importantă, pentru optimizarea indicatorilor secțiilor de turnătorie este *extinderea tehnologiilor avansate*, la nivele de aplicare superioare etapei actuale. Astfel, extinderea utilizării amestecurilor de formare cu dezbatere ușoară prin asimilarea și producerea în țară a întăritorului SILAD PE poate conduce la reducerea cheltuielilor de fabricație și a rebuturilor.

Turnarea în forme vidate, extinsă la cazurile adecvate din punctul de vedere al construcției pieselor și al tipului de fabricație, conduc la reducerea consumului de energie (neexistind lianți), permit recircularea a 95...98% din nisip, ușurează dezbaterea și curățirea, îmbunătățind precizia și calitatea suprafețelor la piesele turnate.

Extinderea utilizării fontei cu grafit nodular, ca înlocuitor al oțelului turnat și al fontelor maleabile, este necesară, deoarece pentru producerea unei tone de piese brut turnate se consumă cu 10—15% mai puțină energie, se reduce manopera de prelucrări mecanice cu 20...25% și, în ansamblu, costul pieselor turnate scade cu 5—15%.

Nivelul de aplicare actual în R.S.R. (circa 4%) va trebui să urce la 15—20%, urmînd tendința mondială: în 1985 S.U.A. 20...21%, Japonia 24...25%, R.F.G. 14...15%. Pentru anul 2000, S.U.A. prevede 31...32%, iar Japonia 45%.

Revizuirea proiectelor de produse, în sensul înlocuirii oțelurilor cu fonte modificate cu caracteristici superioare, este o acțiune care poate afecta 100—200 mii tone piese anual. Utilizarea fontelor sintetice și evitarea fontelor de înaltă puritate conduce la necesitatea unei singure topiri, cu economii substanțiale de energie.

Curățirea prin descărcări electrice a pieselor turnate este o tehnologie care se impune a fi extinsă.

Desulfurarea fontelor în afara agregatului de topire ca și dezoxidarea și modificarea oțelurilor în stare lichidă sînt tehnici care pot fi aplicate direct în producție, în cadrul programelor de modernizări.

Utilizarea amestecurilor de formare cu autoîntărire la rece se poate extinde de 3 ori față de nivelul actual, cu importante reduceri ale cheltuielilor de fabricație.

O activitate care se poate extinde în toate turnătoriile de aliaje neferoase este recuperarea aluminiului din deșeuri, care poate conduce la circa 300 t/an aluminiu recuperat din zgură și resturi.

În privința consumurilor de cocs la elaborarea fontei în cubilouri, problemă în continuă actualitate datorită valorilor actuale ridicate și conjuncturii mondiale fluctuante pe piața cocsului metalurgic, direcția urmată este aceea de optimizare a regimului de funcționare a cubilourilor.

Soluții noi constructive, ca insuflarea aerului de combustie pe două rînduri de guri de aer — care se aplică în 1985 la cca. 60 cubilouri — se vor extinde la toate unitățile unde se justifică, urmărindu-se o reducere a consumurilor cu 12—15% și în orice caz aducerea acestora la nivelurile din țările industrializate.

Alte soluții ca: împușcarea cocsului mărunț în zona de ardere, insuflarea de gaz metan ca și dotarea cubilourilor cu recuperatoare (fig. 4.7) vor face obiectul cercetării și extinderii permanente a soluțiilor constructive optime. Se vor corela condițiile de organizare și pregătire a șarjelor pentru a obține randamente maxime și consumuri specifice minime. Aceasta poate conduce la economii de cocs de 12 000 ... 20 000 t/an.

În privința cuptoarelor electrice cu arc pentru elaborarea oțelurilor, se va continua acțiunea de modernizare prin extinderea soluției echipamentului de reglare automată a electrozilor la circa 32 cuptoare, obținându-se o economie de 100 kWh/t oțel elaborat.

Optimizarea elaborării se va face și prin extinderea metodelor moderne de dezoxidare și modificare a oțelurilor în stare lichidă, la un nivel de 2,5 ori față de cel actual, precum și prin implementarea diverselor echipamente și tehnici de tratare a oțelului în vid, prin insuflare de argon, sau de desulfurare avansată.

Aceste tehnologii contribuie la reducerea consumurilor de feroaliaje și conduc, prin ridicarea caracteristicilor oțelurilor, la înlocuirea oțelurilor înalt aliate cu unele slab aliate.

Consumul de oțel lichid va scădea până la 1,26 t/t piese forjate din oțeluri carbon și până la 1,48 t/t la oțeluri aliate și speciale [1].

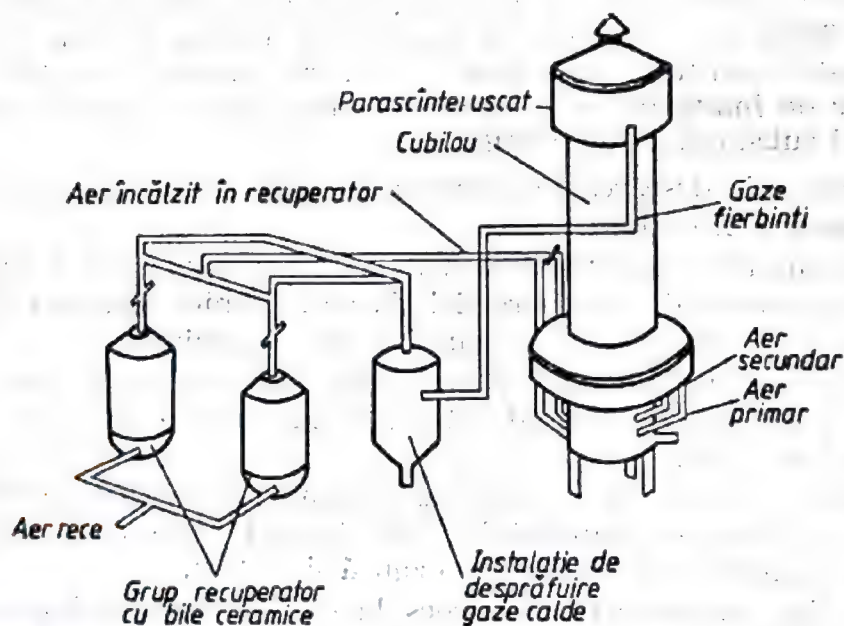


Fig. 4.7. Schema sistemului de recuperare la cubilouri.
(ICSITPSCM)

Pregătirea controlată a șarjelor este o acțiune care trebuie generalizată și poate reduce pierderile cu până la 2%.

În ceea ce privește turnarea oțelului, fontei și aliajelor în piese, o problemă esențială pentru promovarea tehnologiilor noi este asigurarea,

la nivelele cantitative și calitative necesare, a *materialelor de bază și auxiliare pentru producerea formelor și miezurilor*. Astfel, neasigurarea cantitativă și nerespectarea prescripțiilor calitative la materialele livrate de alte ramuri ale economiei conduce la 50% din actualele pierderi tehnologice din turnătorie și frânează introducerea și extinderea unor tehnologii moderne.

Insuficiența novolacului solid împiedică extinderea turnării în coji, cu toate avantajele de calitate și creștere a productivității; se resimte, de asemenea, lipsa grafitului coloidal cu carbon minim 99% și granulație sub 10 microni, care asigură un nivel calitativ superior pieselor turnate din oțel. Actualele produse livrate trebuie ridicate calitativ prin îmbunătățirea tehnologiilor la producător și respectarea prescripțiilor de calitate la nivelele cerute de cercetările recente.

Măsuri simple privind tehnologia de producție și livrare sînt posibile și necesare la furnizorii de nisipuri și alte materiale de turnătorie. Astfel, respectarea componentei levigabile la maxim 0,3% pentru Nisipul de Aghireș, livrarea nisipurilor de Văleni calitatea I, de Făget, ar conduce la reducerea consumurilor de lianți (cu 20...25%) și la îmbunătățirea calității pieselor turnate. Consumurile de bentonită și argilă se pot reduce cu 30% dacă acestea se livrează micronizate cu o rezistență garantată la compresiune. Asigurarea cu silicat de sodiu purificat poate reduce consumurile de CO_2 cu 30% iar pierderile tehnologice și manopera de curățire, cu 20% și poate contribui la aplicarea unor tehnologii avansate, cu dezbateri ușoară a pieselor.

În prezent, 40% din nomenclatorul materialelor necesare pentru aplicarea de noi tehnologii nu sînt asigurate de către furnizorii interni.

Livrarea la nivele calitative corespunzătoare ar conduce și la reducerea consumurilor specifice: astfel, consumul de argilă se poate reduce cu 25%, silicatul de sodiu cu 30%, rășinile furanice cu 30%, masa cuarțoasă cu 8,5% ș.a.m.d.

Ridicarea calității electrozilor de grafit românești pentru cuptoarele electrice cu arc ar reduce consumul acestora cu 30%. Utilizarea materialelor termoizolante la turnare conduce la creșterea indicelui de utilizare a metalului cu 3...5%.

În scopul rezolvării globale a acestei situații, în privința materialelor sînt necesare următoarele acțiuni:

— creșterea bazei de producție pentru materiale auxiliare prin perfecționarea, modernizarea și automatizarea întreprinderilor care produc actualmente și a acelor care urmează a fi puse în funcțiune în viitor, în scopul îndeplinirii programului de fabricație a auxiliarilor necesare turnătoriilor;

— crearea unei întreprinderi centralizate care să poată produce diferitele tipuri de materiale auxiliare care nu se produc încă în țară sau se produc în condiții necorespunzătoare calitativ sau cantitativ;

— este necesară diversificarea mai mare și modernizarea materialelor auxiliare care se fabrică actualmente;

— lărgirea sortimentelor, care trebuie să cuprindă următoarele capitole: a) cercetarea și producerea unor sortimente îmbunătățite de silicat de sodiu și de lianți pe bază de silicat de sodiu; b) gama de fabricație a rășinilor sintetice trebuie să se lărgască prin studierea rășinilor alchidice, siliconice, poliesterice, sinilice, acrilice, și altor tipuri și introducerea în fabricație a sortimentelor necesare pentru turnătorii; c) asimilarea materialelor auxiliare necesare pentru turnarea de precizie și perfecționarea calității materialelor care se produc; astfel, urmează a se cerceta și introduce în fabricație ipsos special pentru turnătorii, ceară pentru modele, silicat de etil, silice vitrificată, silice coloidală, caolin superior și altele; d) extinderea sortimentelor de adaosuri de dezbatere, adaosuri carbonice, alte adaosuri pentru îmbunătățirea calității amestecurilor de formare și a calității suprafețelor pieselor turnate; e) prospectarea și studierea unor noi zăcăminte de nisipuri, argile și bentonite, și prelucrarea acestora de întreprinderi specializate; f) îmbunătățirea calității și lărgirea sortimentelor de novolac utilizate la prepararea de nisipuri peliculizate; g) modernizarea și lărgirea sortimentelor de vopsele de turnătorie, chituri și cleiuri, astfel încât aceste produse să poată fi competitive calitativ cu produsele de import; h) fabricarea tuturor tipurilor de rășini epoxidice necesare pentru modelărie; i) extinderea cercetării, fabricării și utilizării fluxurilor necesare la elaborarea aliajelor neferoase; j) crearea unor noi tipuri de materiale exoterme, termoizolante și perfecționarea fabricației actuale a acestor materiale; k) asimilarea materialelor auxiliare prevăzute a fi utilizate la fabricația de avioane; l) asimilarea materialelor auxiliare necesare la fabricarea pieselor pentru centrale nucleare.

De asemenea este necesară ridicarea calității materialelor auxiliare la un nivel competitiv, pentru a putea fi exportate pe piața mondială.

În paralel, un program de regenerare a amestecurilor de formare uzate din turnătorii va conduce la recircularea a 860 mii tone nisip în 1990.

Turnarea centrifugală este o tehnologie pe care institutul pentru sectoare calde (I.C.S.I.T.P.S.C.M.) a dezvoltat-o cu începere din 1985, depășind producerea pieselor tradiționale tubulare inelare sau cilindrice. S-au abordat și se dezvoltă în continuare tehnologii și echipamente specializate pentru piese de complexitate ridicată, asimetrice, cu pereții subțiri, din materiale speciale, cu asigurarea calității la nivelul impus de condițiile normelor nucleare sau normelor pentru calea ferată.

Se obțin, astfel, importante economii, ridicându-se coeficienții de utilizare a metalului în condiții de creștere a productivității muncii și de mecanizare avansată a procesului. De exemplu, prin turnarea centrifugală a unor cutii de unsoare pentru material rulant (fig. 4.8) se atinge un indice de utilizare a oțelului de 0,95 față de 0,64 la turnarea convențională și un consum de 1,003 kg oțel lichid/1 kg piesă față de 1,55, anterior.

Tehnologia se va aplica pe o linie continuă, cu 4...8 posturi, la I.O.B.-Bals, obținându-se o reducere a consumului de metal de 1,85 ori, a energiei cu 75 kWh/buc. și a manoperei cu 2 ore/buc. Efectul calitativ este spectaculos, rebuturile reducându-se de 10 ori. Această tehnologie s-a extins la corpurile pentru motoare hidraulice, îmbunătățind indicele de utilizare de la 0,60 la 0,95.

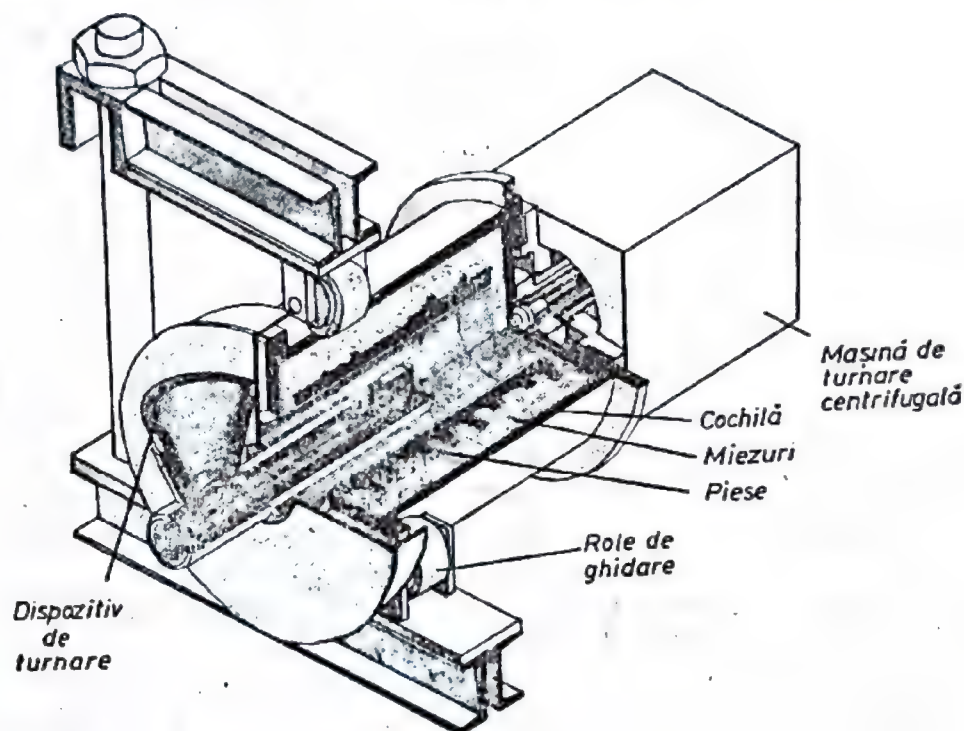


Fig. 4.8. Cutie de unsoare turnată centrifugal.
(ICSITPSCM)

O instalație mare, proiectată de I.C.S.I.T.P.S.C.M. la nivel mondial, pentru turnarea cilindrilor de laminor din fontă cu crustă dură până la $\varnothing 1800$ mm, cu masa de 65 tone/buc. este pusă în funcțiune cu rezultate bune la C.U.G.-Iași, cu efectele economice scontate: economie de metal 30 t/buc., creșterea productivității cu 50%.

O soluționare originală este turnarea centrifugală a corpurilor de armături industriale din oțel inoxidabil, pentru industria chimică, la care condițiile de recepție sînt de clasa nucleară. La I.C.S.I.T.P.S.C.M. s-au turnat astfel de corpuri de robinet $D_n 200$ și $D_n 250$ la $P=64$ bar (fig. 4.9), obținându-se piese cu caracteristici superioare, care se încadrează în valorile impuse de caietele de sarcini și pot înlocui piesele forjate, cu o reducere a consumului de metal de circa 75%, a manoperei totale cu peste 500% și semnalînd posibilități de extindere a gamei de materiale și sortodimensiuni. Productivitatea crește de 6 ori.

Un program de diversificare și extindere a aplicării acestei tehnici a identificat încă circa 50 tipuri de piese complexe pentru utilaj petrolier

și chimic, a căror tehnologie se va cerceta și implementa în viitorul apropiat. Resursele și calitățile turnării centrifugale se vor extinde și valorifica la maximum, nu ca un scop în sine, ci pe baza analizelor de variante tehnice și economice între forjare, turnare în baie de zgură și turnare clasică. Pentru fabricația de serie se vor concepe linii mecanizate și automatizate, la care programarea cu calculatorul va fi accesibilă.

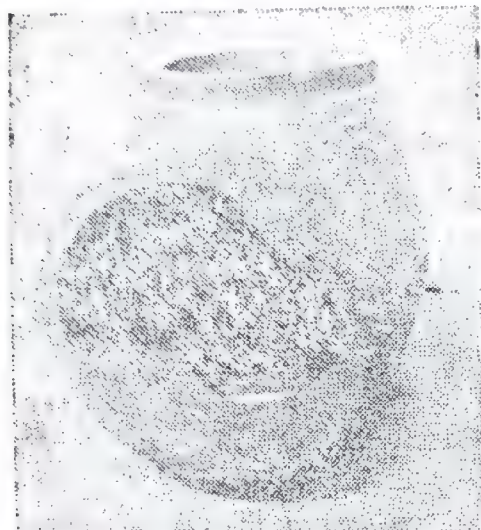


Fig. 4.9. Armături $D_n=(250 \dots 200)$ mm turnate centrifugal. (ICSITPSCM)

O concepție rezultată din indicațiile tovarășului secretar general Nicolae Ceaușescu este realizarea unei *turnătorii moderne* (fig. 4.10) în care să se experimenteze tehnologii și materiale noi pînă la demonstrare industrială, să se verifice soluții noi constructive la utilaje, sisteme de mecanizare și automatizare în condiții de asigurare a calității și demonstrarea fiabilității.

Astfel, toate soluțiile de modernizare ale institutului de specialitate, care implică mutații tehnologice și economii în turnătorii, se vor verifica aici la scară industrială, realizînd și producție de piese speciale în serii mici și mijlocii.

Cercetări de ergonomie, nivele de zgomot precum și programe de instruire tehnică vor fi posibile la acest modul.

Flexibilitatea tehnologică a acestei turnătorii permite o varietate mare de tehnologii pentru diferite fonte și oțeluri, materiale noi și echipamente, sisteme de mecanizare-automatizare, aparate și metode de control. Turnarea centrifugală va constitui una din tehnologiile care se vor diversifica la acest modul.

În domeniul turnării pieselor pentru utilaj greu s-a dezvoltat — derivînd din tehnologia retopirii electrice în baie de zgură (R.E.Z.) — *tehnologia de turnare în baie de zgură* (T.E.Z.) [7].

Turnarea în baie de zgură reprezintă în sine o metodă de obținere a pieselor turnate într-un cristalizor metalic prevăzut cu un sistem de răcire.

Spre deosebire de alte metode de turnare, acest procedeu se bazează pe pregătirea și consumarea concomitentă a metalului care se află continuu într-o baie de zgură, într-o unică formă de turnare, fără a avea contact cu atmosfera.

Avantajele metodei:

- nu sînt necesare cuptoare de topire, oale, amestecuri de formare;
- piesa se obține prin topire succesivă, fără maselote și rețele;
- se exclude interacțiunea lichidului cu materialul formei;
- baia de zgură care este mai caldă cu $150-200^\circ$ reprezintă o sursă de energie termică și de asimilare a incluziunilor nemetalice;



Fig. 4.10. Proiect de turnătorie modul ICSITPSCM.

- solidificându-se într-o peliculă subțire de zgură calitatea suprafeței piesei este superioară, permițând reducerea adaosurilor de prelucrare;
- se asigură omogenitatea fizică și chimică, macrostructuri fără defecte și deci izotopie a proprietăților mecanice;
- prin natura procedurii, conținutul de sulf scade de 3—4 ori față de cel inițial, conținutul de oxigen de 1,5 ori;

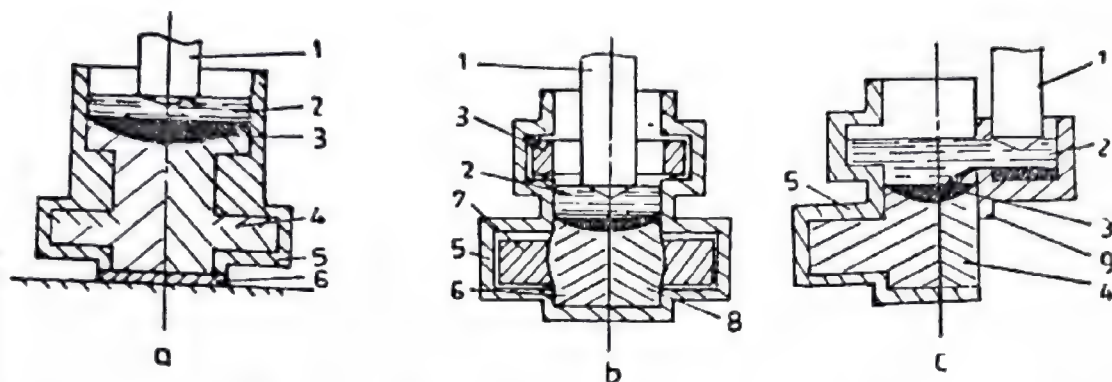


Fig. 4.11. Schemele turnării în baie de zgură:

a — direct în cristalizator fasonat (forma de turnare); b — cu sudare prin topire a părți centrale, care este în formare, de părțile încastrate; c — prin scurgerea metalului topit; 1 — electrod consumabil; 2 — baie de zgură; 3 — baie metalică; 4 — piesa turnată; 5 — forma de turnare (cristalizator); 6 — pod de turnare; 7 — părți încastrate; 8 — partea centrală a viitoareii piese; 9 — partea mobilă a cristalizatorului compus.

- coeficientul de utilizare este 85—95% [7];
- poate înlocui forjarea.

T.E.Z. se poate realiza după câteva scheme tehnologice:

1. Electrocul se reține direct în cristalizator (fig. 4.11, a).
2. Părți ale piesei obținute anterior se introduc în cristalizator unde, apoi, se topește corpul central al piesei, care se sudează de primele (fig. 4.11, b).
3. Descărcarea parțială sau totală prin supraumplere a metalului lichid în oala, care se deplasează față de formă pe măsura umplerii acesteia (fig. 4.11, c).

Date practice [8] arată că se pot înlocui piesele forjate și complicate cu masa între 300 și 5 000 kg.

Sînt date privind realizarea de recipienti de înaltă presiune, corpuri de armături, arbori cotiți, biele pentru motoare Diesel navale, matrițe etc.

La matrițe s-au obținut durabilități de 1,2...1,5 ori mai mari decît la matrițe forjate [8, 9] datorită rezistenței mai mari la uzură, (fig. 4.12), durității mai ridicate, tendinței mai scăzute la oboseală termică [9].

Alt avantaj este că matrițele, cilindrii de laminor și alte scule uzate se pot utiliza drept electrozi pentru retopire.

La ICSITPSCM s-a realizat tehnologia de retopire în baie de zgură a șpanurilor din oțeluri aliate și superaliaje (stelit) care s-au implementat semiindustrial și industrial.

În anii care urmează se vor implementa tehnologiile de T.E.Z. pentru obținerea de semifabricate foarte bune pentru industria energetică și cilindrii de laminor, alături de recuperarea sculelor uzate.

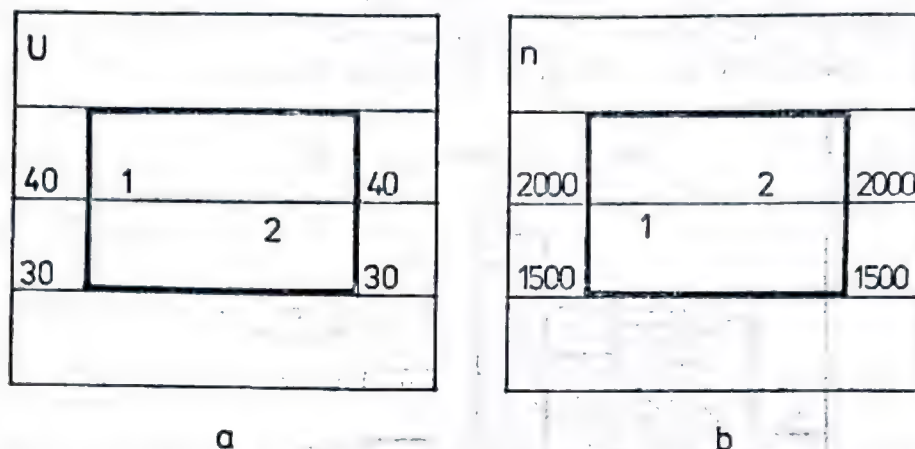


Fig. 4.12. Rezultatele încercărilor la uzură a matrițelor din oțeluri forjat și TEZ:

a — uzura la temperatura de 600°C a epruvetelor din metal forjat, elaborat convențional (1) și din metal TEZ (2) marca 5-HNMS; b — rezultatele testelor termociclice ale epruvetelor din metal forjat, elaborat convențional (1) și turnat TEZ (2); U — uzura în mg.; n — numărul de termocicluri până la apariția fisurii.

2. Forje

Domeniul deformărilor plastice a pieselor metalice, destinate industriei constructoare de mașini și altor ramuri consumatoare va fi influențat de următorii factori:

- dezvoltarea producției de oțel (20—20,5 mil. tone în 1990);
- dinamica programelor de înnoire a produselor;
- dezvoltarea bazei energetice;
- realizarea de produse noi cu performanțe speciale;
- evoluția industriei autovehiculelor și tractoarelor;
- abordarea industrială a programelor aeronautic și spațial.

Tendința de creștere constantă în intervalul 1975—1985, precum și programul de modernizări al sectoarelor existente face să se prevadă pentru 1990 dublarea producției față de 1975.

O evaluare globală a ponderii pieselor deformate la cald face posibilă gruparea după tehnologii, din fig. 4.13.

Această grupare care depinde de structura producției, tinde să se optimizeze, crescând ponderea pieselor matrițate de precizie și extrudate la cald — pe seama măririi seriilor de fabricație — și a pieselor grele forjate din lingou — pe seama echipamentelor energetice, a căror putere unitară tinde să crească la peste 1 000 MW.

Deși ponderea pieselor matrițate din oțel, pe un autovehicul sau tractor, tinde să scadă cu o rată medie anuală de 0,5%, prin redimensionări și utilizarea pieselor turnate din fontă cu grafit nodular, totuși ponderea cea mai mare de matrițate se utilizează în acest sector.

De exemplu, industria automobilului din Anglia utilizează 75% din piesele matrițate în R.F.G. 64%, în Spania 70%, în Suedia 59%, iar valoarea

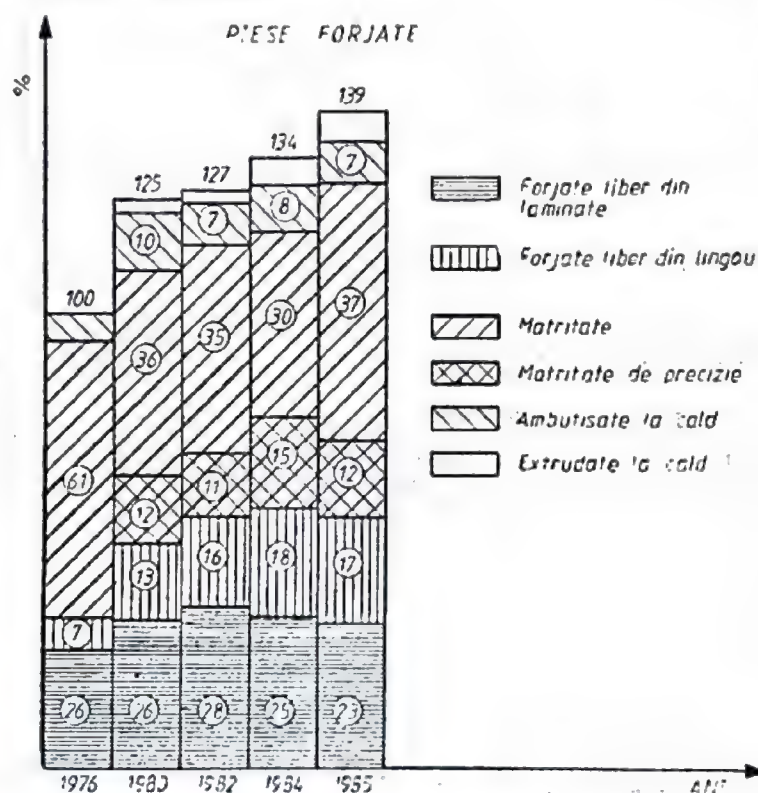


Fig. 4.13. Repartiția producției de piese forjate pe grupe tehnologice.

rea producției de piese matrițate pentru industria autovehiculelor în S.U.A. reprezintă 28...35% din total, urmată de sectorul aerospațial cu 22...25% [10].

Este neîndoios că, într-o fabricație de serie, orice piesă deformată plastic va fi matrițată sau extrudată la cald (1 000...1 200°C), la semi-cald (600...850°C) și la rece.

Procese tehnologice de matrițare vor urmări următoarele direcții: creșterea preciziei pieselor; creșterea coeficientului de utilizare a oțelului; creșterea productivității; automatizarea și mecanizarea operațiilor și manipulărilor; creșterea durabilității și fiabilității sculelor; reducerea energiei globale încorporate în piesă; raționalizarea construcției sculelor prin proiectare asistată de calculator; conducerea proceselor asistată de calculator.

Avînd la bază aceste orientări, se va extinde matrițarea de precizie la cald și semi-cald pentru realizarea de piese cu adaosuri minime de prelucrare sau care se pot monta în stare brută.

Matrițarea semifabricatelor turnate este o tehnică care poate conduce la reducerea consumului de metal, dar introducerea sa va fi limitată, datorită dificultăților de organizare a unor linii care să apropie aceste două tehnici de lucru cu specificități diferite. Perspectiva sa de extindere la piesele din aliaje neferoase este cea mai probabilă pe mașini automate de turnare-forjare și optimizarea caracteristicilor oțelurilor de scule.

Extruziunea la rece și la cald a pieselor (exceptînd organele de asamblare normalizate) se va extinde în perioada 1986—1990 cu o rată anuală de 10%, cu o creștere importantă (cca. 50%) în domeniul fabricației de bujii, pe bază de asimilare de utilaje specializate și prin extinderea aplicării procedurii pe prese universale de concepție proprie.

În orice caz, ponderea extrudatelor la rece pe autovehicul, care este în prezent scăzută, va crește la peste 20% în 1985—2000.

În domeniul economiilor de metal, rezolvarea unitară a problemei încălzirii pentru matrițare, prin introducerea atmosferei protectoare (generatoarele exoterme), a încălzirii prin inducție, va aduce soluții corelate economic cu politica energetică generală.

Diversificarea și gradul de rafinare avansat al oțelurilor de scule, precum și evoluția în domeniul tratamentelor termice vor conduce la resurse importante de reducere de preț în secțiile de matrițare, prin:

- dezvoltarea și diversificarea tratamentelor termice prin difuzie și aplicarea mijloacelor neconvenționale care vor mări durabilitatea sculelor;
- înlocuirea laminatelor cu semifabricate turnate continuu, care va reduce energia totală încorporată în produs.

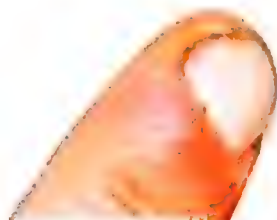
În industria rulmenților s-a semnalat în anii '70 un exces de capacitate, rezultat dintr-o scădere a cererii. Acest semnal a declanșat eforturile spre:

- reducerea pierderilor de metal;
- conducerea automată a proceselor.

Tehnici conexe care vor pătrunde în domeniul elaborării oțelurilor ca: degazarea în vid, procedeul inducție-vid (A.S.E.A.—S.K.F.), topirea cu fasciculul de electroni (E.B.R.), turnarea continuă, rafinarea cu electrod consumabil sub strat de zgură (R.E.Z.) vor conduce la producția de rulmenți cu rezistență mai mare la oboseală, cu mai mare siguranță operativă și durabilitate sporită.

Oțelurile de cementare reprezintă o tendință care poate conduce la importante reduceri ale costurilor de fabricație și la modificarea tehnicilor de deformare plastică, care generează în prezent pierderile cele mai importante de metal (cca 60% deșeuri) și energie.

Deformarea la semicald va fi adoptată pentru anumite clase de rulmenți, după cum laminarea la rece individuală a fiecărui inel poate constitui o tehnică care prin anii 1990 se poate însuși prin cercetare. Precizia pînă la prelucrările prin așchiere crește la $\pm 0,06$ mm și implicațiile asupra consumului de metal sînt evidente.





Teava reprezintă, totuși, soluția cu valabilitatea cea mai mare și diversificarea dimensională a țevelor laminate sau trase va constitui baza evoluțiilor tehnologice în secțiile producătoare de rulmenți. Aceasta poate produce însă mutații importante în fluxul tehnologic actual.

Sectorul materialului rulant are o pondere relativ ridicată din producția de forjate (18...20%) față de unele țări dezvoltate (1...5%).

Această distribuție va trebui modificată prin optimizarea structurii celorlalte sortimente de piese forjate.

În acest sector, producția se poate clasifica în următoarele grupe: piese pentru aparatul de rulare (osii și roți); piese din structura de rezistență și aparatul de legare a produsului, matrițate sau ambutisate.

În fabricația de osii, specializarea I.O.B.-Balș, a cărei producție va reprezenta 80% din volumul de forjate al sectorului, necesită accentuarea eforturilor în direcția integrării actualei tehnologii la parametrii maximi ai liniilor de fabricație existente, în condițiile asigurării diversificării sortimentale și tehnologice la nivelele calitative impuse de diversele norme ale beneficiarilor externi. Etapa de dezvoltare va aduce în anii 1986—1990 modificarea favorabilă a indicilor de utilizare a metalului. Această etapă va fi urmată de perfecționarea tehnologiilor, pe măsura specializării și asimilării în țară a utilajelor aferente.

În domeniul pieselor diverse pentru vagonaj, se vor promova și extinde următoarele tehnologii: încălzirea în atmosferă protectoare a semifabricatelor, în special pentru ambutisare; extruziunea pieselor din alamă; extinderea tehnologiei de grup; dezvoltarea sistemelor mecanizate de alimentare a utilajelor de matrițare; utilizarea aliajelor ușoare; matrițarea lichidă a pieselor din metale neferoase.

Creșterea performanțelor utilajului petrolier și minier, determinată de efortul crescând pentru descoperirea de noi resurse, va fi hotărâtoare și va genera cereri și progrese în domeniul producției de piese forjate pentru utilaj petrolier, minier și chimic.

Ponderea pieselor forjate liber este, în acest sector, încă mare (40—45%), și vor fi necesare studii de analiză a valorii pentru a promova matrițarea sau alte tehnologii mai economice.

Cercetările tehnologice vor urmări:

- optimizările regimurilor termice;
- aplicarea tehnologiei de grup și optimizările loturilor de fabricație;
- introducerea ambutisării prin metode neconvenționale (explozie, cu role, hidraulică);
- deformarea plastică a oțelurilor speciale și altor aliaje specifice;
- promovarea turnării centrifugale în locul forjării;
- matrițarea orbitală la cald;
- acțiune permanentă de tipizare;
- introducerea mecanizării manipulării pieselor.

În domeniul utilajelor energetice și al utilajelor foarte grele ponderea producției de piese forjate liber reprezintă 80—85% din totalul utilizat; se prevede ca din totalul producției, cele forjate liber din lingou să crească la 26...30% înspre anul 2000.

Procesele tehnologice vor fi determinate de asimilările de noi utilaje energetice cu puteri unitare sporite (turbine de 1 000 ... 1 200 MW).

Programul nuclear va ridica probleme tehnologice speciale privind asigurarea calității la piese grele și foarte grele, în condițiile reglementărilor internaționale.

Extinderea construcției de hidrocentrale, amplificarea folosirii de noi surse de energie, precum și ritmul mediu anual de dezvoltare al metalurgiei feroase (5,8—6%) necesită cilindri de laminor de diversitate mare și calitate sporită.

Punerea în funcțiune a presei hidraulice complexe de 30 MN, care în prezent se proiectează, va fi, prin soluție, un unicat mondial, cu posibilități de forjare liberă, matrițare multidirecțională de piese de tipul corpurilor de armături și vane, până la 16—20 in, matrițare de precizie de piese foarte mari din aliaje de aluminiu din structura aeronavelor, discuri de turbină din superaliaje, extruziune inversă a tuburilor grele cu diametre exterioare până la 1 000 mm și grosimi de perete până la 60 ... 80 mm cu destinația nucleară și alte piese de mare performanță.

Dotarea cu prese hidraulice grele cu forțe între 3 150 ... 30 000 tf, corelată cu dezvoltările tehnicilor de elaborare — turnare a unor lingouri de 400—500 tone va influența simțitor domeniul, progresele tehnologiei fiind riguros corelate în elaborare — forjare — tratamente termice și prelucrări mecanice.

Forjarea liberă a pieselor cu manipolatoare integrate se va aplica la cca 90% din producție, iar introducerea de microprocesoare va permite modernizarea preselor și manipuletoarelor fără a atrage dificultăți de utilizare sau întreținere.

Un sistem cu microprocesoare într-un complex de forjare este arătat în fig. 4.14 [11]. Sistemul poate fi extins asupra unei secții întregi, inclusiv supravegherea economică.

Rezultatele obținute conduc la reducerea manoperei cu 30% și a consumului de energie cu 40% prin introducerea unui sistem de conducere centralizat al cuptoarelor, la o forje cu 2 prese hidraulice de 3 000 tf și 15 cuptoare cu vatră mobilă de forje și tratament. Aplicarea sistemului a condus la evoluția scăderii consumului de energie ca în fig. 4.15 [12].

Programul românesc de manipuloare prevede o serie de tipodimensiuni de 3 până la 200 tf pe șine și de 0,5 până la 3 tf pe pneuri, din care 10 tipodimensiuni au fost asimilate, iar celelalte se vor asimila până în 1990, când parcul acestor utilaje va fi de peste 150 unități.

Direcțiile de dezvoltare vor urmări creșterea capacității de a produce lingouri foarte grele din oțeluri aliate, cu un grad de puritate avansat și coeficient de utilizare maxim și anume:

- capacitatea de a forja piese grele și piese tubulare din oțeluri inoxidabile și termorezistente, cu grad ridicat de securitate în exploatare;
- realizarea pieselor de performanță pentru echipamente energetice (axe, rotori, virole, vas reactor, fund și capac de vas reactor, placa tubulară a generatorului de abur, coturi forjate, virole cu ștuț etc.);



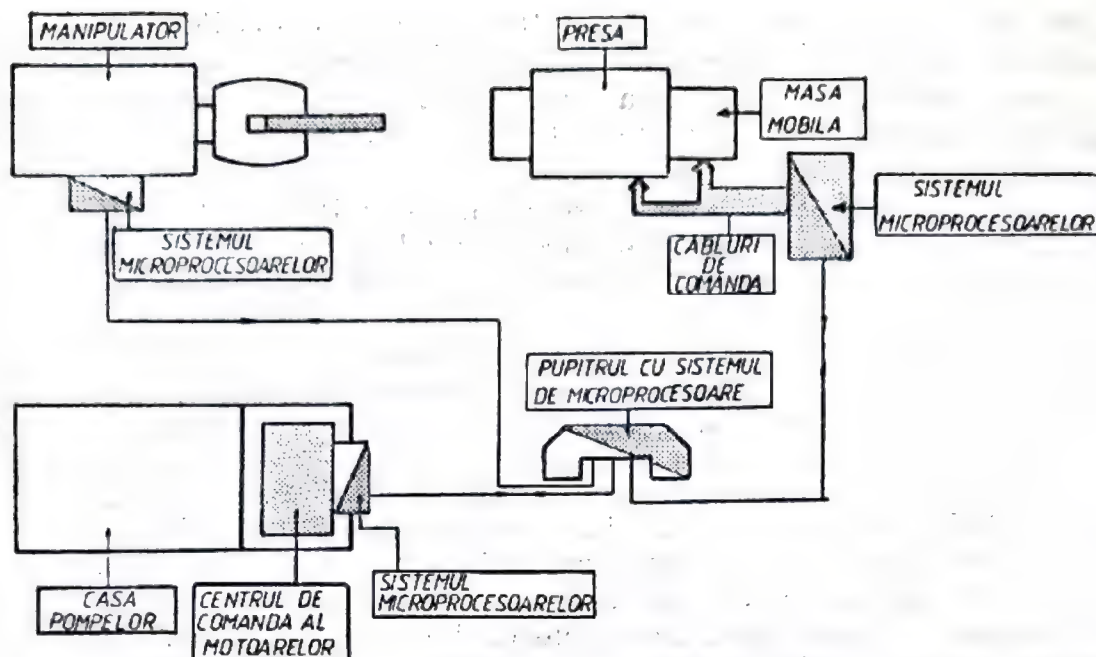


Fig. 4.14. Schema sistemului integrat cu manipulator de forjare.

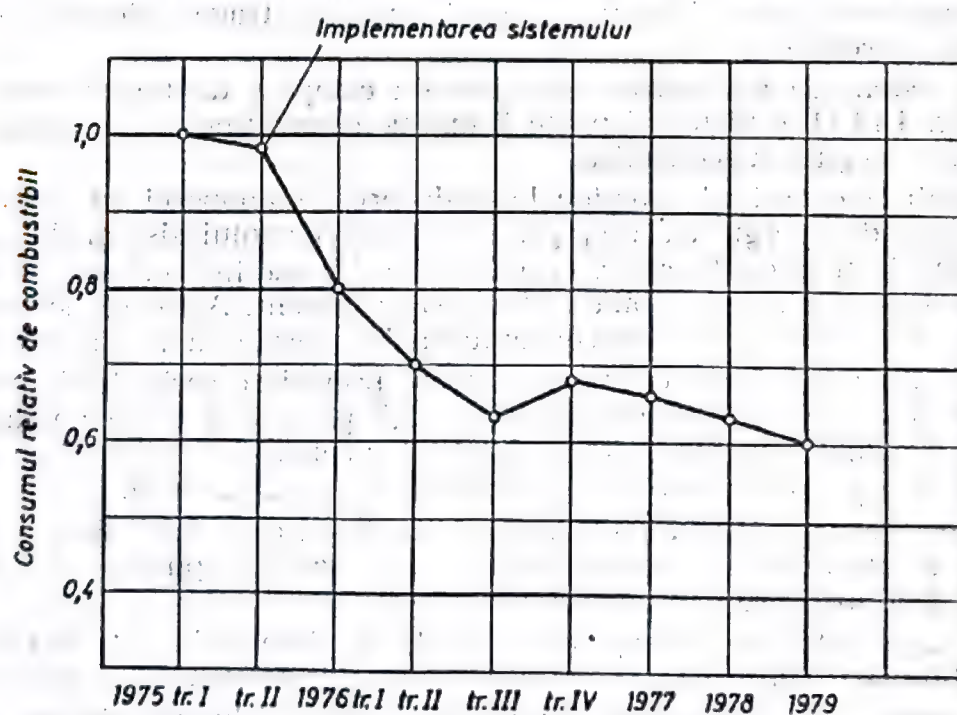


Fig. 4.15. Reducerea consumului de combustibil la implementarea sistemului pe calculator.

- forjarea pe prese cu comenzi integrate și manipulări mecanice;
- optimizarea proceselor și regimurilor de încălzire și a construcției cuptoarelor;

- perfecționarea metodelor de control „în proces” și finale și a capacităților de garantare a calității;

- aderarea la organisme internaționale de atestare a calității (A.S.M.E.) și autorizarea ca producători pentru export.

Odată cu dezvoltarea aeronauticii în țara noastră, într-un ritm superior ritmului economiei naționale, în mod corespunzător va crește producția de componente deformate plastic.

Domeniul producerii pieselor deformate plastic este interdisciplinar, necesitând cooperare în asimilarea tehnologiilor între metalurghi, chimiști, prelucrători prin așchiere și proiectanți programatori.

Într-un avion convențional de 7 t (masă), ponderea aliajelor de aluminiu este de 75...80%. Piese deformate plastic din aliaje de aluminiu tind să crească ca pondere, datorită înlocuirii construcțiilor sudate cu piese mari matrițate. În această direcție, se dezvoltă din ce în ce mai mult tehnica de matrițare de precizie, care impune folosirea preselor hidraulice de matrițare, de forțe din ce în ce mai mari (30...65 000 tf).

Totodată, se vor dezvolta aliaje complexe (de exemplu, 7079 Al—Cu—Mg—Zn—Ag) speciale pentru matrițare, cu rezistențe crescute, aplicarea cărora are ca efect ușurarea construcției, însă creșterea prețului. Titanul și aliajele sale vor trebui asimilate pentru generațiile succesive de avioane. Aceasta e corelată cu dezvoltarea metalurgiei titanului în acest cîcinal.

Ca tehnici speciale în acest domeniu, mai ales la o serie mare (peste 100 buc.), devine valabilă extruziunea în trepte a pieselor cu secțiune variabilă, care înlocuiește într-o oarecare măsură matrițarea pieselor fără nervuri.

În privința pieselor din oțel se disting 2 grupe mari:

- piese deformate la cald — în general matrițate;
- piese deformate la rece — organe speciale de asamblare.

Caracteristica acestor grupe este folosirea materialelor de rezistență din ce în ce mai mari și din ce în ce mai complexe ca aliaj. Acest lucru are ca efect atât creșterea pretențiilor la deformarea la cald și la rece, cu orientarea spre procedee de precizie, cât și creșterea rapidă a prețurilor odată cu sporirea greutateilor unitare.

În special la motoarele de avion, folosirea materialelor înalt aliate, a superaliajelor, este aproape singura modalitate de rezolvare a problemelor ce se pun.

Dezvoltarea, corelată cu rezolvările metalurgice de asimilare a materialelor noi, se va baza pe educarea specială a personalului în utilizarea unor tehnici de vîrf în execuție și mai ales în asigurarea calității. În orice caz, matrițarea de precizie, folosirea energiilor înalte, superplasticitatea sînt tehnologii care se pot însuși în timp, prin programe speciale, bazate pe selecții riguroase de personal.

Deși un mic consumator de piese forjate, industria electrotehnică prezintă interes pentru posibilitățile mari de saturație cu piese extrudate la rece și profile extrudate din neferoase. De asemenea, este de avut în vedere tipizarea proiectelor și tehnologiilor de fabricație la axele electromotoarelor, prin introducerea mașinilor rotative și a laminoarelor transversale de concepție proprie.

Totodată, se are în vedere:

- asimilarea tehnologiei și utilajelor pentru presare izostatică;
- utilizarea sintermatrițatelor pe bază de cupru în electrotehnică;
- utilizarea sintermatrițatelor pe bază de Al, Ti în construcția de avioane, aerospațiale, mașini-unelte speciale;
- metalurgia pulberilor va realiza aliaje noi cu caracteristici superioare;

Un factor restrictiv este în prezent, chiar și în țările dezvoltate industrial, costul ridicat al pulberilor de fier și de superaliaje și costul inițial al investiției pentru secții specializate, bazate pe programe ferme de producție.

Matrițarea și extruziunea la semi-cald și/sau la rece este necesar să se extindă cu efecte sensibile în consumurile specifice de metal și energie a secțiilor de forje. Este probabil că aceste tehnici vor aborda în principal alte piese decât cele care se matrițează la cald în prezent.

Ameliorarea și extinderea mărcilor de oțeluri deformabile, în aceste condiții, va trebui să aibă loc în paralel cu creșterea calității oțelurilor de matrițe și a capacităților de producție a sculelor din carburi dure și a asimilării de utilaje universale sau specializate.

Dacă matrițările la rece sau semicald vor afecta programele forjelor convenționale, acestea vor trebui să compenseze pierderile prin creșteri importante de productivitate.

Linie directoare probabilă

În ansamblu, este de urmărit ca, în cadrul creșterii producției de forjate, ponderile să se modifice în sensul scăderii producției cu valoare mică unitară (oțeluri de construcție etc.) și creșterii producției de valoare mare (aliaje neferoase, oțeluri și aliaje speciale), conform modelului din fig. 4.16, completat de noi prin extrapolarea tendințelor.

Mutațiile calitative vor fi determinate de tendința actuală în cercetare-dezvoltare, de a realiza tehnologii de precizie cu consum redus de metal și energie. În principal, tendința de a înlocui operațiile de deformare plastică la cald cu operații de deformare la rece sau semi-cald (600—650°C) va prevala, alături de tendința de a converti piesele forjate în piese turnate, dacă progresele în turnarea metalelor vor fi cele prevăzute.

Arborele cotit, biela și axele cu came pentru motoare termice sînt deja produse prin turnare, iar perspectiva generalizării este condiționată numai de asigurarea unor procese tehnologice de turnare suficient de sigure pentru ca, prin coborîrea actualelor plafoane de rebut practicate, să poată fi compensată economia pe care o reprezintă o piesă turnată față de aceeași, matrițată (0,75 : 1 pînă la 0,6 : 1).

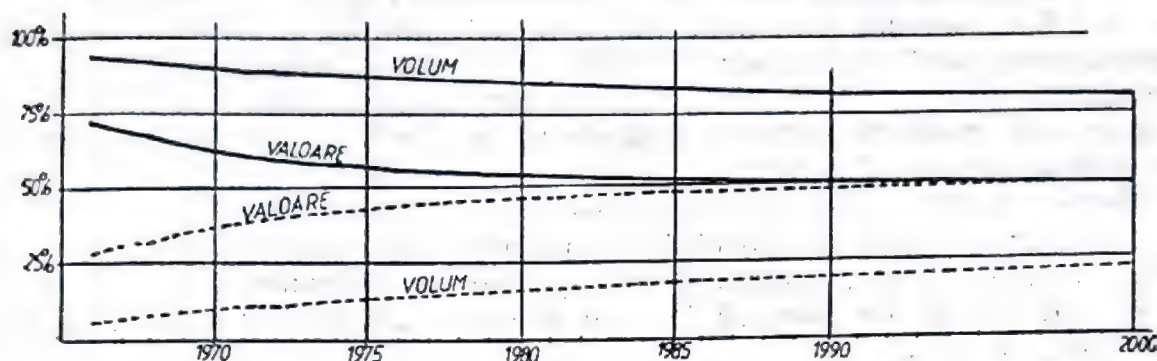


Fig. 4.16. Evoluția producției și valorii pieselor forjate în S.U.A. [13]: cu linie plină — oțeluri de construcție; cu linie întreruptă — oțeluri și aliaje speciale.

Matrițarea semifabricatelor sinterizate (sintermatrițare), în curs de cercetare la o multime de organizații din vest și aplicată industrial în Japonia, S.U.A. (16 000 t în 1982) Anglia (1 200 t în 1983), R.F.G., Italia, Franța, Suedia, fie prin tehnici specifice, fie prin tehnicile convenționale din actualele sectoare de forje, prezintă avantajul creșterii preciziei de execuție a pieselor, asigurării omogenității materialului în orice plan, cu o dozare exactă a lui și al unui indice de utilizare a metalului mai mare de 0,9.

Consumul energetic este de 3 pînă la 5 ori mai mic la obținerea unei piese complexe prin sinterizare decît la obținerea aceleiași piese prin prelucrare mecanică din laminat.

Această tehnologie, rezolvată în fază pilot la noi, se va implementa în următoarele condiții:

- implementarea în țară a tehnologiilor de producere a pulberii de fier atomizate, în condiții de costuri de fabricație corespunzătoare (sub prețul laminatelor);

- asimilarea utilajelor și tehnologiei de presare izostatică pentru piese mai grele de 15 kg/buc;

- producerea pieselor sintermatrițate, chiar și presate izostatic, să se realizeze la costuri cu circa 20% mai mici decît matrițarea convențională;

- se va cerceta eliminarea sinterizării după faza de matrițare a pulberilor;

- se va putea folosi sinterizarea cu curenți de inducție;

- se vor realiza sisteme automate, incluzînd sinterizarea și matrițarea, în linii asimilate de industrie;

- la un automobil mediu se vor utiliza cel puțin 20 kg piese.

Sinter-matrițarea la aliaje neferoase va trebui cercetată în următoarele direcții:

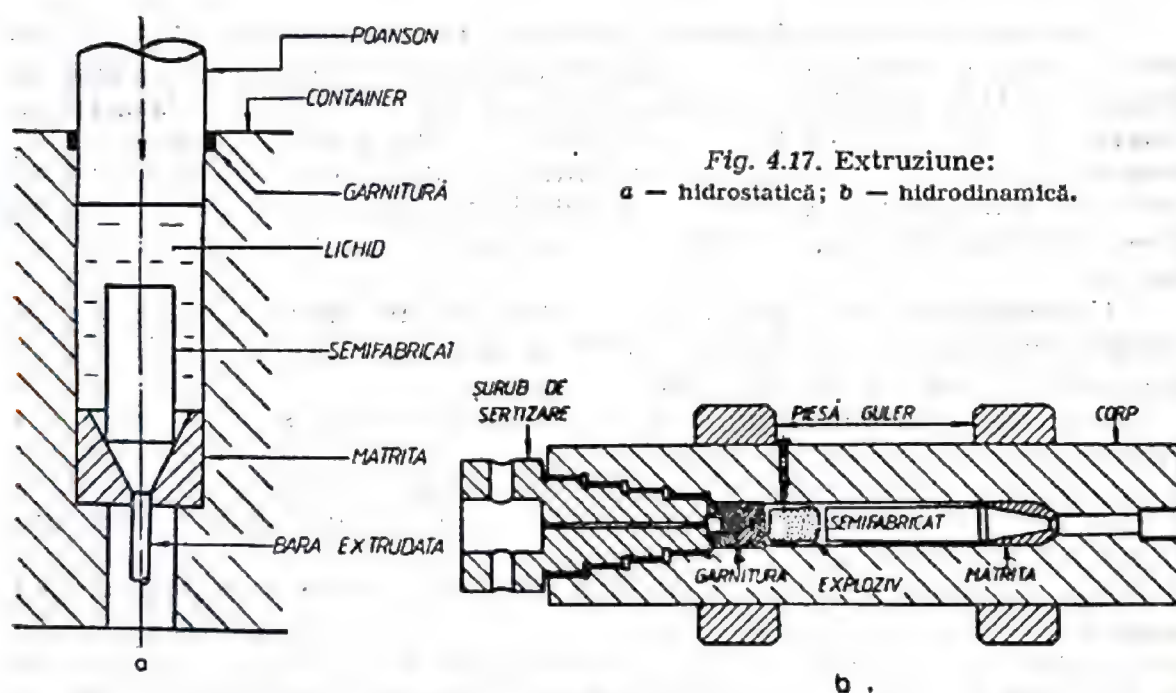
— S.M. de pulberi refractare pentru părțile calde ale compresorului și turbinei pentru avioane;

— asimilarea pulberilor termorezistente la costuri comparabile cu barele laminate sau trase.

Extruziunea hidrostatică și hidrodinamică (fig. 4.17) (pusă la punct de A.S.E.A. Suedia) prin dezvoltarea preseii Quintus, prezintă o serie de avantaje ca: posibilitatea extrudării de forme complicate și aliaje speciale; realizarea de rapoarte mari de extruziune; semifabricate mai lungi și în consecință, productivitatea mai mare pe o cursă, cost redus/kg, deșeuri de capete reduse; durabilitate crescută a sculelor; precizie și calitate superioară a suprafeței; nu necesită încălzirea materialului.

Rezultatele industriale obținute promovează procedeul pentru materiale foarte diferite, bimetale, cu rapoarte de extruziune între 6 : 1 și 6 400 : 1, profile cu dantură la rece și semi-cald, fire și tuburi, oțeluri de scule, pulberi.

Ca o dezvoltare a etapei de *mecanizări* parcursă în 1973—1976 în forje, vor urma următoarele faze:



- Introducerea de mașini speciale, ca de exemplu cilindri automați de forjare cu echipament de transport și mijloacele aferente de manipulare.
- Mașini complet automate și benzi transportoare.
- Sisteme automate de mașini.
- Introducerea totală a manipuletoarelor.
- Dezvoltarea de roboți specializați pe utilaje și operații.

Influențele unei *automatizări avansate* asupra productivității sînt foarte mari, dar cererile și consumul de matrițe devine fără precedent, astfel că productivitatea în tehnica prelucrării matrițelor va trebui să crească în mod acoperitor.

Avantajele automatizării în structura costurilor de fabricație se pot evalua prin reducerea manoperei, utilizării mai bune a materialului și reducerea cheltuielilor auxiliare.

Ca dezavantaje se pot menționa cheltuielile de investiții mai ridicate pînă la 400% față de forjele convenționale, lipsa de robustețe a sistemelor automate, costurile de întreținere și pierderile prin întreruperi.

Din aceste motive, automatizările foarte avansate țin seama de aspectele economice, preponderente fiind mărirea productivității utilajelor care, avînd amortismente mari, cresc eficiența economică și îmbunătățesc condițiile de muncă.

Gradul de mecanizare va depăși 90%.

Matrițarea orbitală (fig. 4.18) care constă în deformarea locală și succesivă a unor suprafețe mici ale semifabricatelor, permite reducerea puterii unitare, față de presele convenționale și se aplică la rece și semi-cald. Cercetări de dezvoltare pentru utilaje mai mari și tehnologii la cald vor extinde aria de aplicare a acestei tehnologii.

Procedeul de *rulare a danturilor roților dințate conice* la cald cît și la rece se aplică cu rezultate diferențiate atît în S.U.A. cît și în U.R.S.S. Influența asimilării și extinderii sale se va resimți în ansamblu prin reducerea consumurilor de metal, în sectorul de mașini-unelte și scule.

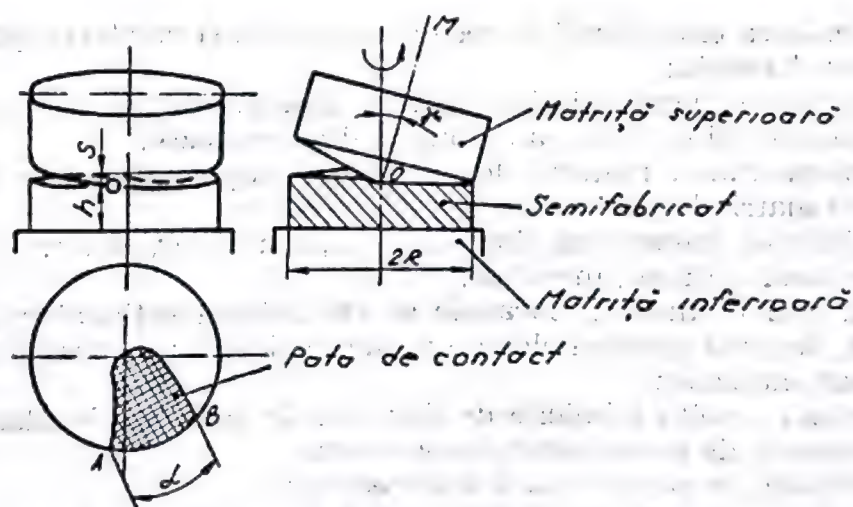


Fig. 4.18. Schema de deformare la matrițarea orbitală.

În afară de implementările descrise mai sus, sînt de avut în vedere următoarele cercetări de abordat:

Cercetările din anii '70, au arătat că unele *mase plastice*, prin matrițare, calibrare, tragere și tragere adîncă, își îmbunătățesc caracteristicile. De aceea, formarea pe prese a polioleofinelor cu rezistență de 50 kgf/mm², este de luat în considerare atît în ceea ce privește precizia, durabilitatea

sculelor, economia de metal, cât și producerea de piese cu mare rezistență la coroziune.

Factori de influență în promovarea acestei tehnici sînt: a) realizarea unor mase plastice forjabile la un preț de cost convenabil; b) suficiente verificări de durabilitate ale unor astfel de piese; c) ponderea modificărilor pe care astfel de materiale și tehnologii le aduc unei secții de forje sau costul unei noi investiții.

În orice caz, problema necesită cercetări complexe și interdisciplinare pentru etapele ce urmează.

O dată cu trecerea la fabricația avioanelor supersonice, din categoria trisonice spre anii 2000, devine necesară cercetarea și punerea în fabricație a pieselor din *aliaje de titan*, care tind să înlocuiască aproape în totalitate aliajele de aluminiu, mai ales la părțile exterioare și la cele de rezistență. Totodată, vor intra în utilizare materiale noi de tipul *compozitelor* metal/metal, metal/fibră, sintermatritate etc. Toate acestea vor avea ca efect dezvoltarea unor tehnologii de fabricație din ce în ce mai complexe, cu creșterea aferentă a costurilor, însă cu scăderea greutateilor unitare ale pieselor și ale gabaritelor aparatelor.

Cooperarea internațională este o modalitate operativă de recuperare a rămănerii în urmă în acest domeniu.

Toate aceste tehnici și materiale de vîrf vor trece în industria de uz general, cu un decalaj de 5...10 ani, determinînd o creștere accentuată a nivelului tehnicilor de lucru în întreaga industrie; astfel, sînt de așteptat:

- extinderea extruziunii la rece și semi-cald și creșterea performanțelor în acest domeniu;
- extinderea matrițării sinterizatorilor sau a pulberilor nesinterizate;
- asimilarea și extinderea ambutisării cu exploziv;
- implementarea materialelor armate (compozite) foarte rezistente în fabricarea matrițelor;
- extinderea automatizărilor deși lent, dar sigur, determinată și de lipsa de personal calificat, în sector;
- fără a fi eliminate, ciocanele se vor înlocui rațional cu prese cu viteze mari, datorită problemelor de zgomote și vibrații, posibilităților de reglare și automatizare;
- se vor dezvolta tehnicile de debitare de precizie, încălzire neoxidantă și sistemele de programare ale acestora;
- controlul „în proces” va fi automatizat;
- vor apărea sisteme de mașini cu ciclul: debitare încălzire — matrițare — tratament termic — prelucrare completă — control tehnic de tipul „centre de prelucrare”;
- se va dezvolta cercetarea și implementarea metalelor speciale de foarte înaltă rezistență și termorezistență, ca și cercetarea matrițării izotermice a aliajelor de titan;
- fizica metalului va cunoaște noi mijloace avansate de investigație;
- se vor promova noi surse de energie pentru instalațiile fixe (M.H.D., termoionică, termoelectrică);

- se va extinde utilizarea explozivilor nucleari ca surse de energii înalte și a laserilor pentru control, verificare și pentru prelucrări fine;
- va avea loc interconexiunea automată a informațiilor tehnologice și de gestiune privind fabricația prin folosirea unităților de calcul cu viteze mari;

- vor apare aplicații practice și tehnologice ale superplasticității.

Sintetic, tendințele de bază care vor trebui urmărite și aprofundate de cercetarea românească în domeniul deformărilor plastice sînt următoarele:

- îmbunătățirea plasticității materialelor metalice;
- studiul deformării plastice ca fenomen fizic;
- modelarea fenomenelor și proceselor de d.p.;
- fundamentarea unor procese tehnologice de perspectivă;
- uzură, frecare, lubrefiere;
- optimizarea tehnologiilor, construcției sculelor, utilajelor și organizării secțiilor cu P.A.C.;
- deformarea izotermă;
- conceperea și realizarea de A.M.C., specifică cercetării și producției;
- cercetări specifice de ecologie;
- implementarea ingineriei valorii în luarea deciziilor;
- școlarizarea continuă și selecția adecvată a cadrelor de cercetare și inginerie tehnologică.

Nevoia unei activități interdisciplinare este evidentă, ca și cooperarea cu învățămîntul și producția.

3. Tratamente termice și termochimice

Valorificarea superioară a materialelor metalice în piese se obține prin aplicarea celor mai raționale tratamente termice de miez sau/și de suprafață. Evoluția tehnologiilor de tratamente termice, a echipamentelor, a utilizării de surse energetice neconvenționale și a dezvoltării de noi materiale conturează următoarele tendințe:

1. Producția de piese din oțel tratate termic este semnalată pe plan mondial cu o creștere de 9 ori pentru anul 2000 față de 1970, raportată la tonaj [14]. Admițînd o moderare a producției totale de oțel (vezi fig. 1) acest factor poate scădea pînă la minim 5. După acest model, creșterea relativă la noi în țară va fi conform fig. 4.19.

2. Alegerea rațională a materialelor și a tratamentelor termice, din punct de vedere tehnologic, energetic, al productivității și stabilității, este esențială.

3. Creșterea durabilității și fiabilității pieselor este un scop de urmărit.

4. Asigurarea calității, în condiții de reducere a costurilor operațiilor de tratamente termice.

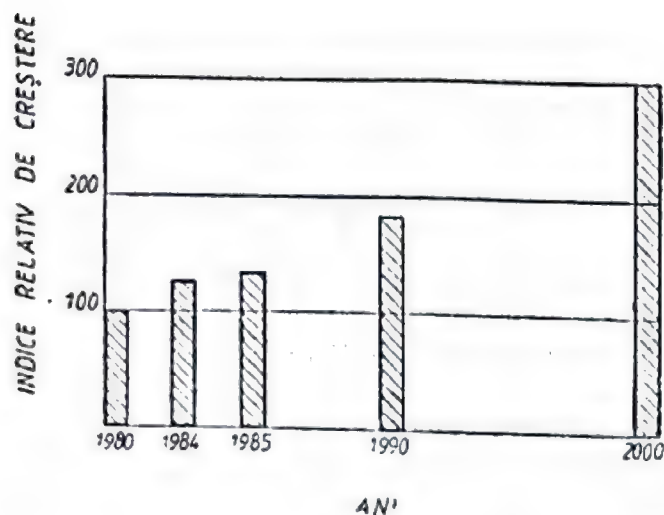


Fig. 4.19. Evoluția producției de piese tratate termic și termochimic în R. S. România.

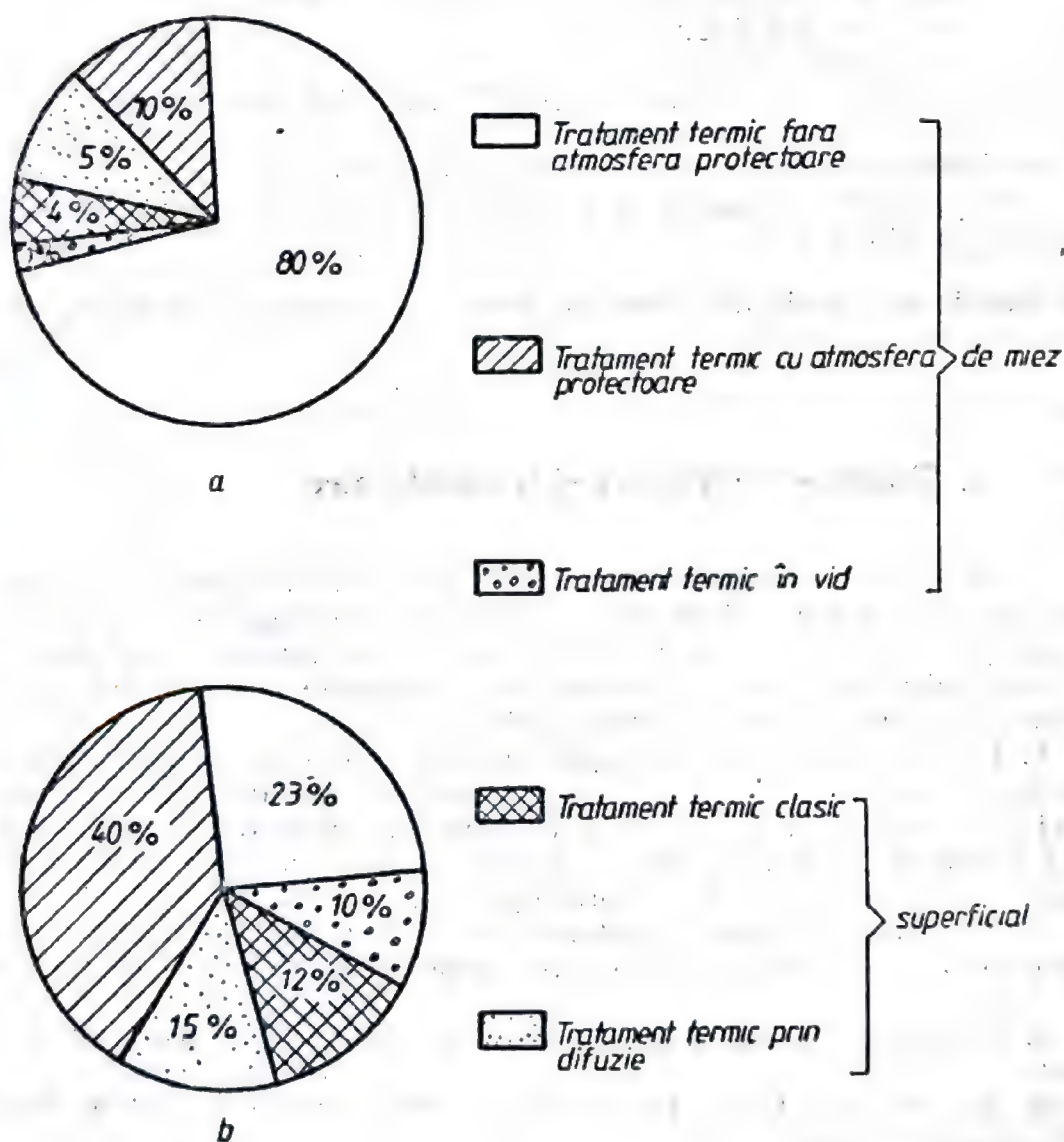


Fig. 4.20. Niveluri de aplicare a diverselor categorii de tratamente termice:
a — țări industrializate; b — țări puternic industrializate.

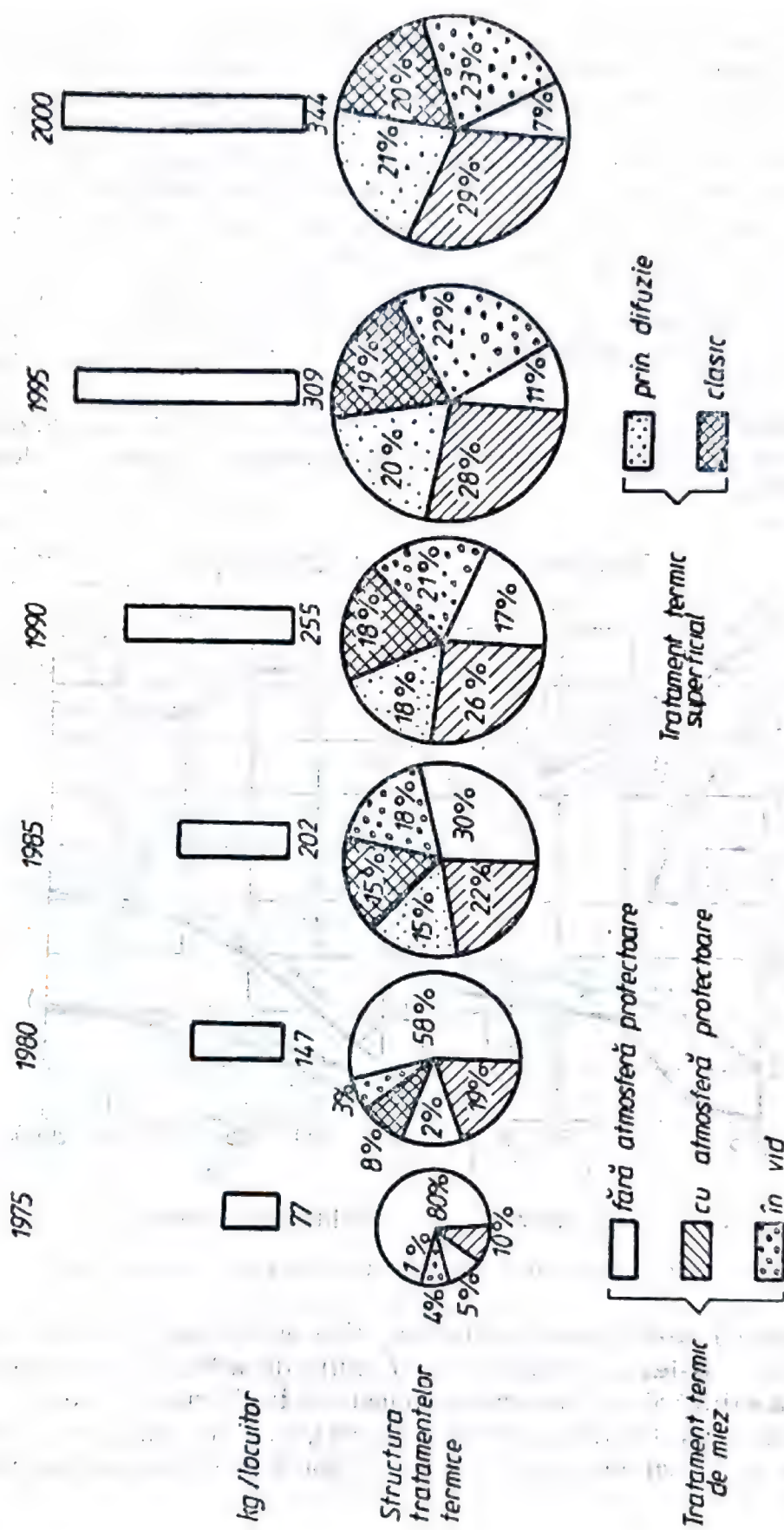


Fig. 4.21. Previzuni privind variația structurii tratamentelor termice într-o țară industrializată.

O reprezentare a nivelelor de aplicare a diverse grupe de tratamente termice în 1975 [14] este redată în fig. 4.20 pentru țări industrializate (de ex. Italia, R.D.G., Polonia) (a) și țări puternic industrializate (de ex.: S.U.A., R.F.G., U.R.S.S., Marea Britanie) (b). Evoluția previzibilă pe tipuri de tratamente termice și a volumului de aplicare, pentru o țară industrializată, pe o perioadă de 25 ani, este prezentată în fig. 4.21.

Importanța tratamentelor în miez scade cu un coeficient de 1,5 (fig. 4.22) în raport cu producția globală de metale și aliaje tratate termic. Tratamentul fără atmosferă de protecție va trebui să scadă (coeficient 1/11) față de tratamentele cu protecție (coeficient de creștere 3) și mai ales a tratamentelor termice sub vid (coeficient 20) și a celor superficiale (coeficient 4) [15].

Această evoluție va avea drept consecință dezvoltarea și creșterea producției și calității echipamentelor de încălzire și a materialelor destinate acestora.

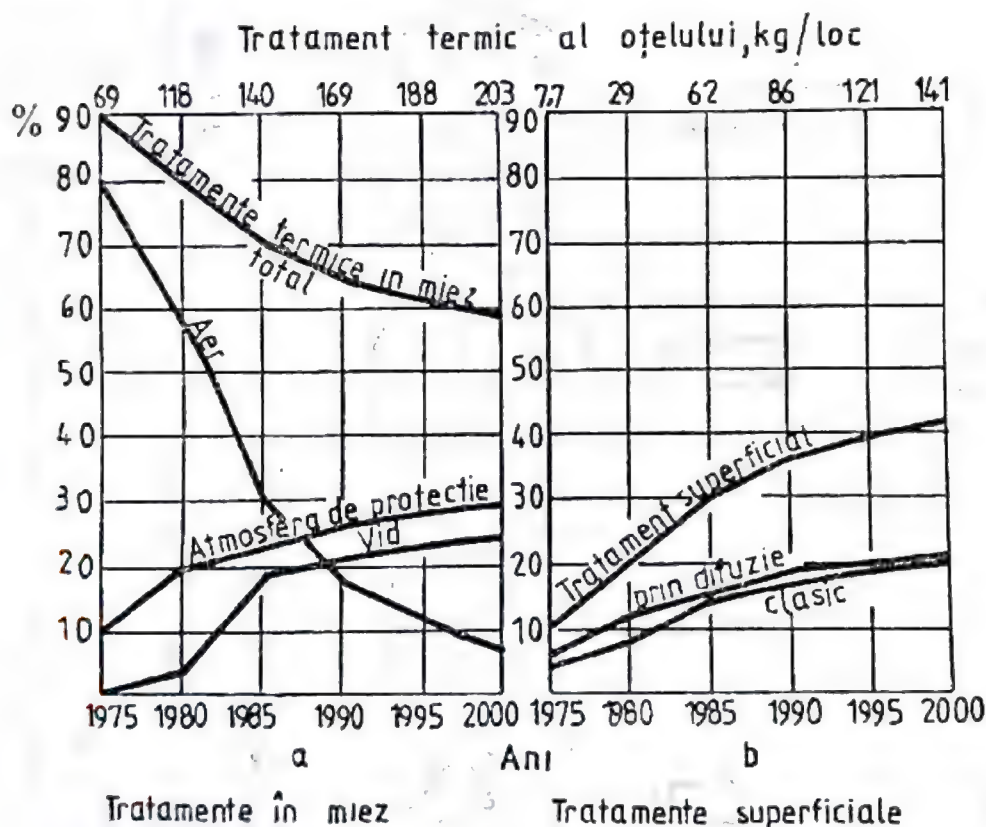


Fig. 4.22. Evoluția tratamentelor termice prin metode clasice.

Corelat cu dezvoltarea bazei energetice prevăzută în Directivele Congresului al XIII-lea al P.C.R. (95—97 miliarde kWh în 1990) se prevede prevalența utilizării echipamentelor electrice în detrimentul celor cu combustibili, deși acestea din urmă sînt, uneori, mai economice în exploatare. Utilizarea încălzirii electrice este avantajoasă prin asigurarea protecției

mediului, stabilitate mai bună a proceselor, condiții mai bune de igienă și protecție, reglare și control mai sigure.

Totodată, o serie de tehnologii de tratament termic ca cele în băi de săruri, sub vid, parțial în atmosferă controlată și la aliajele ușoare, nu pot fi concepute decât cu încălzire electrică. Totuși, avantajele previzibile ale încălzirii cu combustibili gazoși, prin utilizarea arzătoarelor ceramice regenerative asimilate recent (fig. 4.23), care reduc consumul de gaz cu cca 30%, precum și posibilitatea de a refolosi gazele arse ca atmosferă de protecție sau de a recupera bioxidul de carbon și/sau azotul din acestea, deschid noi perspective utilizării încălzirii cu gaze. Creșterea eficienței sistemelor de recuperare primară și secundară poate menține economică încălzirea cu combustibili gazoși.

Introducerea reglării automate a regimurilor, acționarea cu tiristori și programatoare, vor îmbunătăți randamentele cuptoarelor iar, în cazul liniilor complexe, controlul și conducerea proceselor, atât la manipularea șarjelor cât și a caracteristicilor tehnologice ale proceselor, se va face prin comandă automată cu calculatoare de proces.

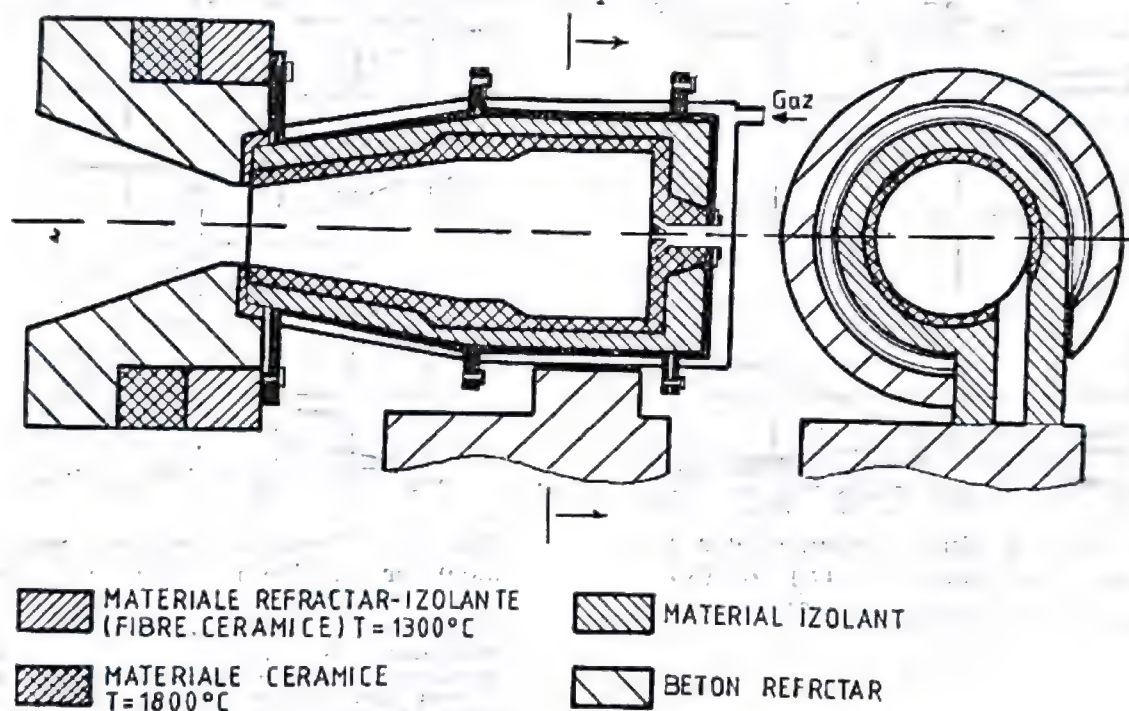


Fig. 4.23. Schema arzătorului ceramic regenerativ.
(ICSITPSCM)

Ateliere complet automatizate sînt de prevăzut în industria de serie și de masă (autovehicule, rulmenți, organe de asamblare, electrotehnică, mecanică-fină, produse siderurgice finite). Tratamentele termice fără atmosferă de protecție vor scădea ca pondere și vor fi cu precădere tratamente primare (recoaceri, normalizări sau reveniri). În fig. 4.24 este arătată evoluția nivelului de aplicare pe operații a tratamentelor fără atmosferă de protecție. Se observă singura creștere previzibilă la tratamen-

tele termomecanice care sînt avantajoase prin consumul mic de energie.

Cuptoarele vor fi electrice sau cu combustibil, iar băile de săruri numai electrice. Construc iile tipizate vor predomina iar elementele de încălzire din aliaje refractare vor fi înlocuite cu elemente de grafit.

Densit ile de putere vor crește (peste 200 W/cm²), mărind eficiența încălzirii.

Tratamentele termice în atmosferă controlată permit obținerea de piese cu suprafețe curate, reducerea adaosurilor de prelucrare, astfel că tendința aplicării lor este crescătoare, cu excepția tratamentelor primare (fig. 4.25).

Generatoarele de atmosferă protectoare controlată la 1 000  1 300 C vor permite tratamentul sculelor din oțeluri rapide la costuri cu 30 ... 50% mai mici dec t băile de săruri.

TRATAMENT TERMIC  N MIEZ LA OTELURI FĂRĂ ATMOSFERĂ CONTROLATĂ, KG/LOC

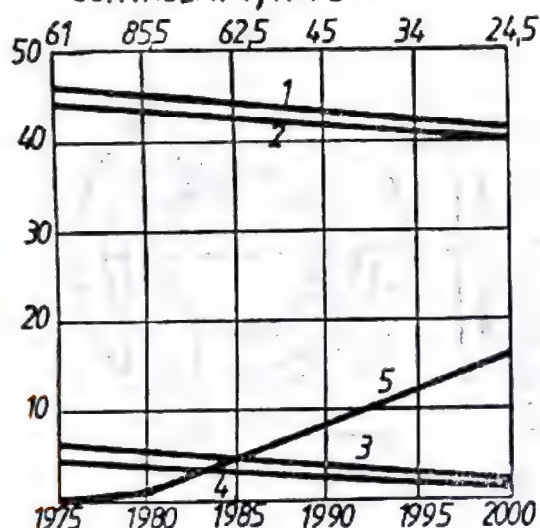


Fig. 4.24. Evoluția tratamentelor termice fără atmosferă de protecție:

1   revenire; 2 călire; 3   recoacere; 4   normalizare; 5   tratament termomecanic.

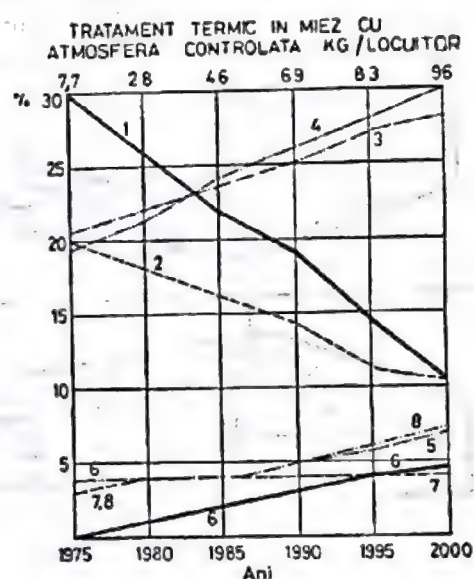


Fig. 4.25. Variația structurii tratamentelor termice în miez cu atmosfere de protecție:

1   recoacere de omogenizare; 2   normalizare; 3   recoacere de  nmulere; 4   sinterizare; 5   brazare; 6   călire oțeluri rapide; 7   recoacere de supra-saturare oțeluri inoxidabile  i anticorozive; 8   alte tehnologii.

Procedee mai simple de obținere a protecției vor consta în utilizarea mediilor sintetice obținute prin recuperarea gazelor arse, cu azot obținut direct din atmosferă, sau compuși organici lichizi. Cuptoarele românești cu strat fluidizat (fig. 4.26) se vor perfec iona iar gama operațiilor posibile se va diversifica.

O dezvoltare paralelă va avea loc  i în producția de materiale: elemente de încălzire ieftine de performan   i fiabilitate ridicată, refractare, ușoare, rezistente  i la acțiunea atmosferei (fibre ceramice), prefabricate tipizate etc.

Componentele și aparatele de reglare și control de înaltă fiabilitate vor fi acționate în cicluri automate.

Deși aplicarea tratamentului termic sub vid crește în ansamblu, se prevede totuși o scădere a aplicării sale la unele operații (fig. 4.27) dat fiind costul ridicat al echipamentelor. Aplicațiile vor crește la tratamentele termochimice unde durata ciclului se scurtează datorită vidului.

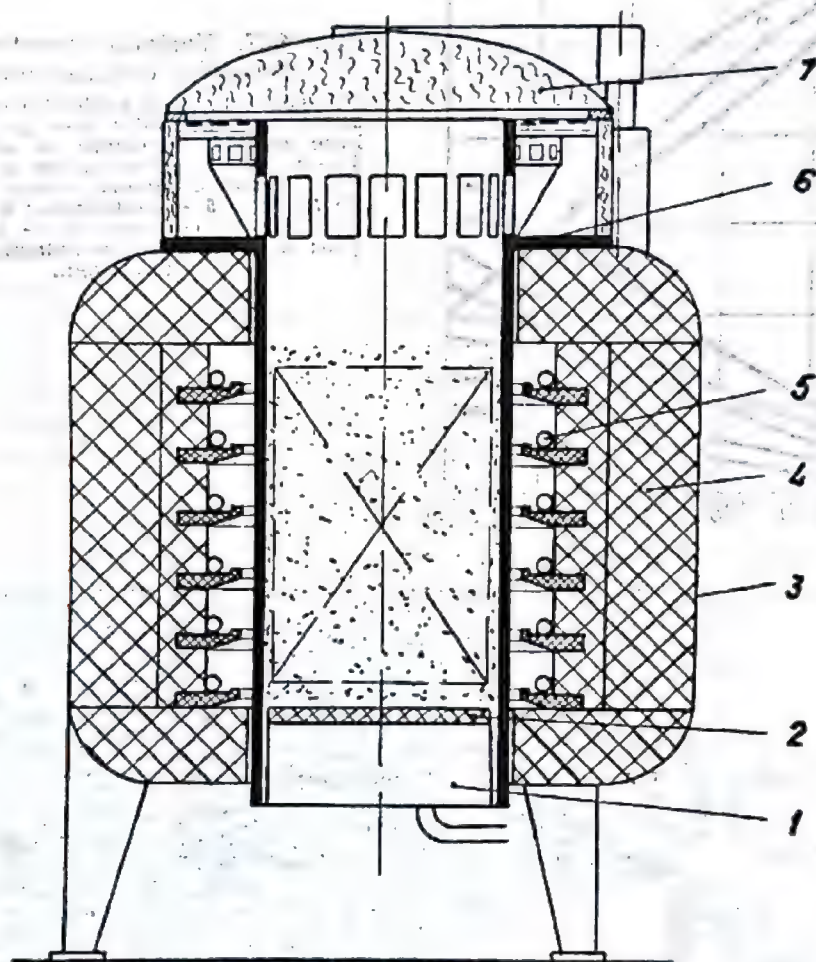


Fig. 4.26. Schema cuptorului cu strat fluidizat:

1 — cutie amestec; 2 — placă de fluidizare; 3 — carcasă metalică; 4 — zidărie refractară; 5 — rezistor; 6 — rețea; 7 — capac (ICSITPSCM).

Unități cu mai multe camere, din care în afară de cea de vid, celelalte conțin gaze tehnologice se vor diversifica în funcție de tehnologii. În fig. 4.28 se prezintă exemplarul românesc de cuptor cu vid cu 3 camere (temperatura 1300°C vid 10^{-3} torr) proiectat de I.C.S.I.T.P.S.C.M. și executat de Î. Independența Sibiu. Se prevede echiparea uzinelor cu cca 80 de cuptoare până în 1990.

Utilizarea unor metale refractare ca molibden (3,5% utilizat ca atare) tantal (60% utilizat în industria de condensatori) titan și crom, vor con-

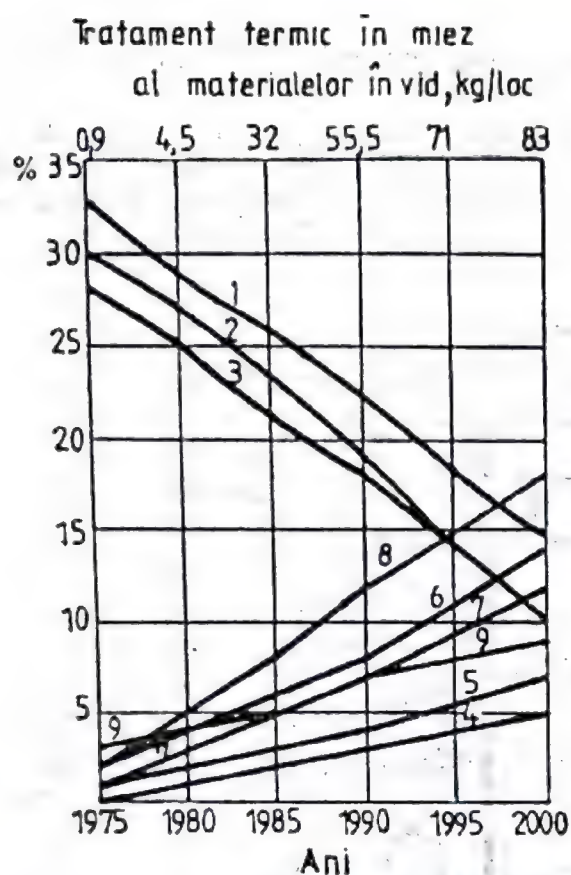


Fig. 4.27. Variația structurii tratamentelor termice sub vid:

1 — călîre pîse și scule din oțeluri înalt aliate și inoxidabile; 2 — punere în soluție oțeluri refractare și anticorozive; 3 — recoacere oțeluri aliate și refractare; 4 — degazare oțeluri refractare înainte de forjare; 5 — sinterizare; 6 — sinterizare metale ceramice; 7 — brazare cupru; 8 — brazare inoxidabil; 9 — alte tehnologii.

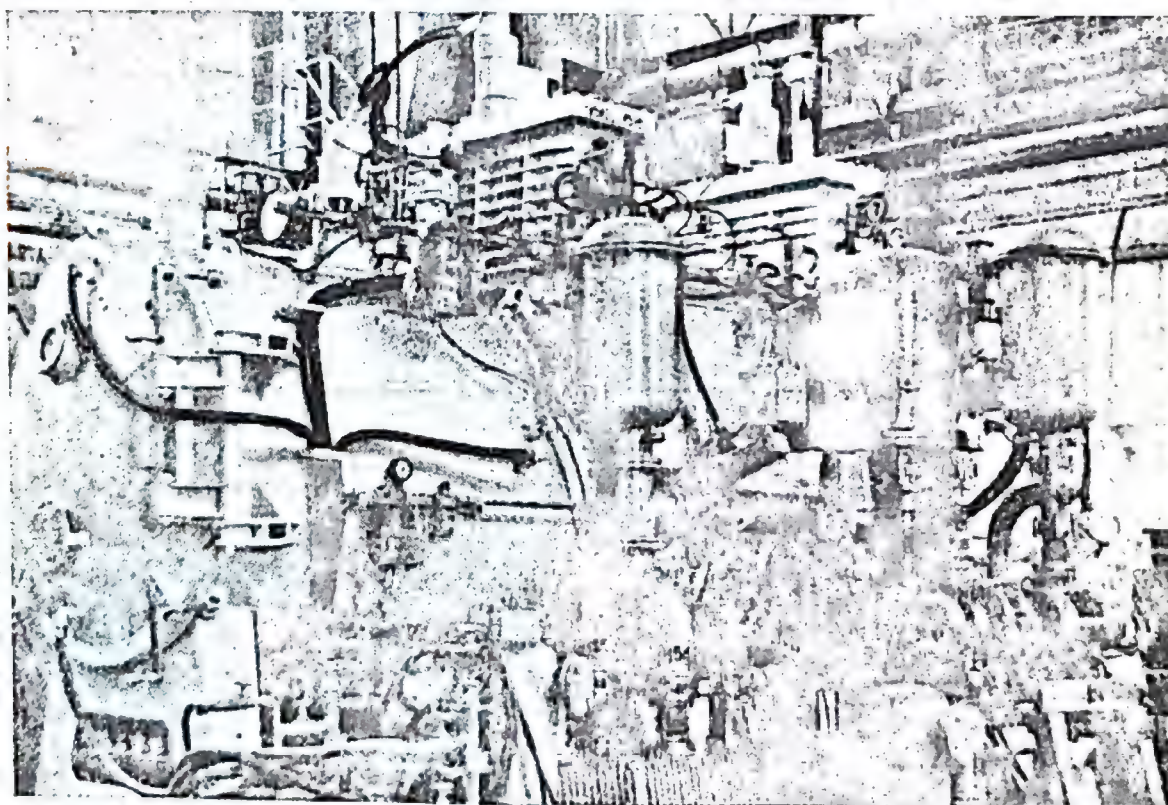


Fig. 4.28. Instalația românească de tratament termic sub vid (ICSITPSCM).

duce la utilizarea cuptoarelor cu vid cu temperaturi de funcționare de 2 000—3 000°C și vid înaintat (10^{-5} , 10^{-7} torr) cu mai multe camere și răcire cu circulație de gaze [16].

Cuptoarele cu vid de puteri și gabarite utile mai mari vor intra în linii continue cu automatizări avansate, pentru oțeluri rapide utilizate în aeronautică.

Dezvoltarea concepției și fabricației pompelor de vid va fi determinată în acest sens.

Datorită avantajului pe care le conferă oțelurilor slab aliate cărora le măresc indicele de durabilitate, tratamentele termochimice prin difuzie tind să se extindă substanțial.

Difuzia în straturile superficiale a diverselor elemente metalice se practică de mult în medii solide sau în băi, dar aceste procedee tind să dispară datorită lipsei posibilităților de control a procesului și conducerii sale automate. Acest lucru este posibil numai în mediu gazos.

Creșterea cantitativă va fi însoțită și de dezvoltări calitative prin folosirea de noi medii de saturație, alte elemente sau compuși lor (fig. 4.29).

Se prevede astfel o scădere de 8 ori a nivelului de aplicare a cemențurilor și carbonitrurărilor cu toate că acestea au avut o creștere pînă prin anii 80. Acestea vor fi înlocuite de nitrurarea gazoasă, nitrurarea activată, tratamentele cu plasmă, cromizare, titanizarea, borizarea, saturarea cu niobiu sau aluminiu, tratamente care măresc în special durabilitatea sculelor, de exemplu, cu 70...100%. Diversele tehnici urmăresc difuzarea uniformă la suprafața piesei sau sculei cu scurtarea pe cît posibil a duratei operației și respectiv a consumului de energie.

Diversificarea naturii straturilor îmbogățite prin difuzie este o direcție de urmat, iar dezvoltarea de materiale sub formă de pulberi, paste lichide și gaze este un domeniu de cercetat în continuare ca și acela al utilajelor adecvate.

Alte tratamente termice, fără difuzie vor continua să evolueze, conform fig. 4.30.

Încălzirile prin inducție vor evolua spre echipamente multipost automatizate și va crește ponderea utilizării frecvențelor medii paralel cu scăderea de 1,5 ori a utilizării frecvențelor înalte, permițînd creșterea adîncimii de călire.

Utilizarea atmosferelor de protecție sau a vidului la aceste tratamente termice va fi posibilă, iar operațiile de călire și revenire se vor face cu același echipament. Se vor introduce generatoarele cu tiristori iar puterea lor va crește peste 1 000 kW.

Tratamentul cu fascicul de electroni care permite densități foarte mari de putere (10^6 ... 10^8 W/cm²), ca și cel cu plasmă vor progresa lent datorită costurilor ridicate ale instalațiilor (17), deși au un randament ridicat, productivitate mare, stabilitate a rezultatelor iar procesul poate fi automatizat.

În fig. 4.31. este reprezentată schema primei instalații românești în funcțiune la ICSITPSCM — București și curba variației durtăților pe adîncimea stratului călit.

Tratamentele termice cu laser permit densități de putere pînă la 10^{10} W/cm² și se vor aplica pieselor foarte mici la care se pretind straturi foarte dure (62 HRC) și fine (0,1 mm). Evoluția utilizării laserului va fi similară cu cea a fascicolului de electroni, coroborată cu evoluția cercetării

Tratament termic superficial al
oțelurilor cu metode clasice, kg/loc

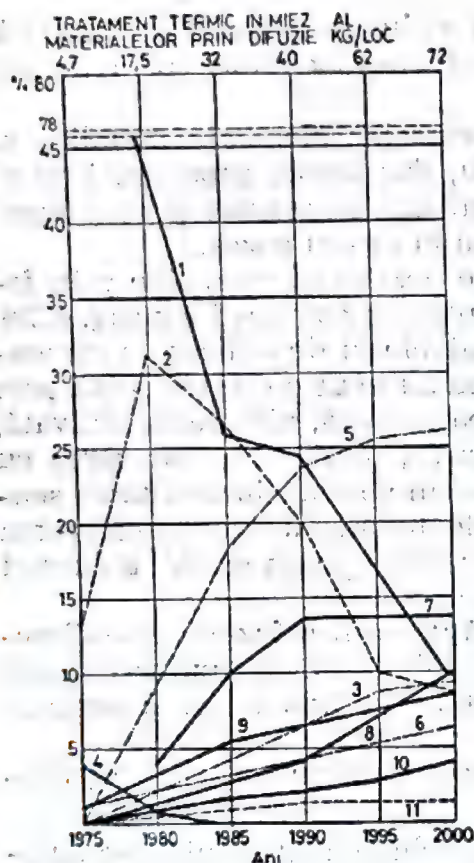


Fig. 4.29. Evoluția tratamentelor termochimice prin difuzie:

1 — cementare, călire, revenire; 2 — carbonitrurare, călire, revenire; 3 — oxiniturare; 4 — nitrurare în băi; 5 — nitrurare gazeasă; 6 — tratat ioni și plasmă; 7 — difuzie în vid; 8 — C.V.D., P.V.D. cromare, titanizare; 9 — straturi complexe de carburi; 10 — aluminizare; 11 — straturi anticorozive; 12 — altele.

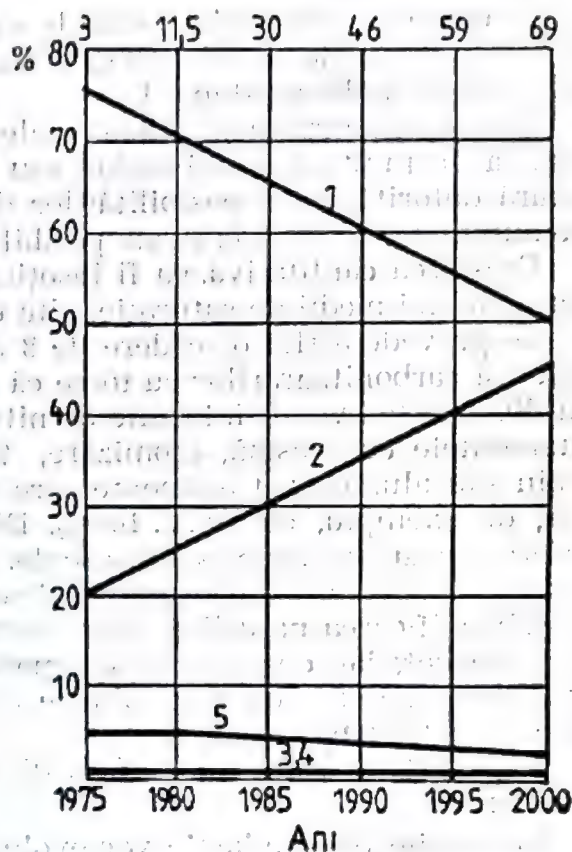


Fig. 4.30. Variația tratamentelor termice superficiale clasice:

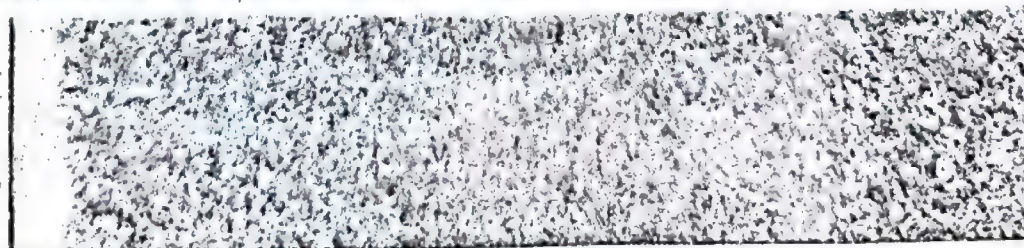
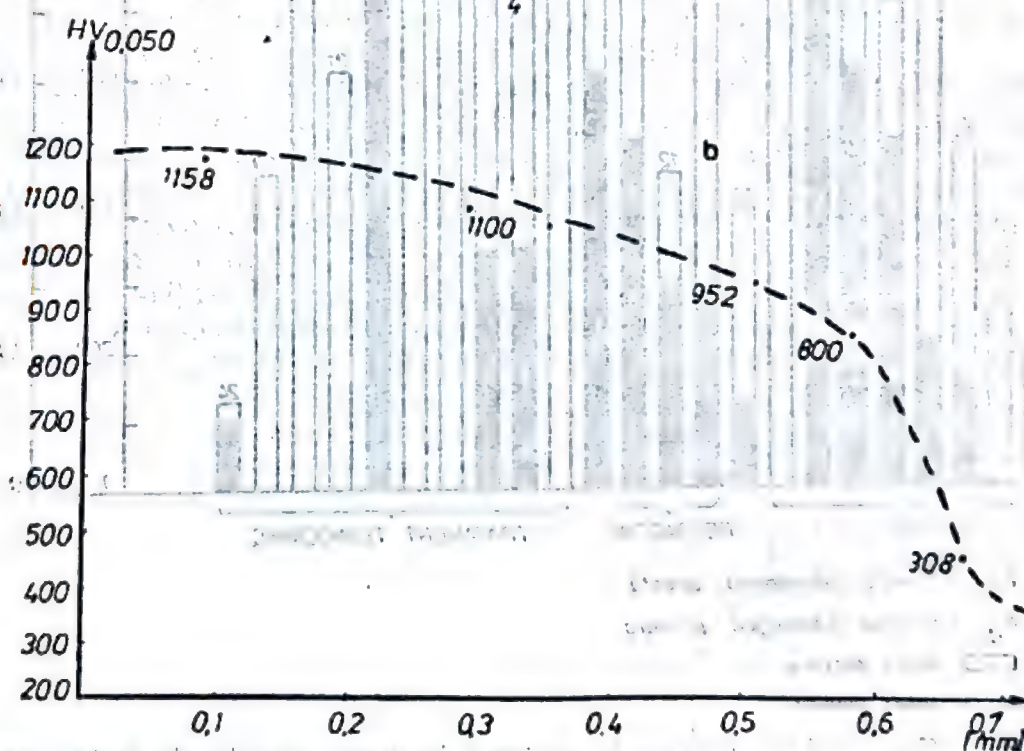
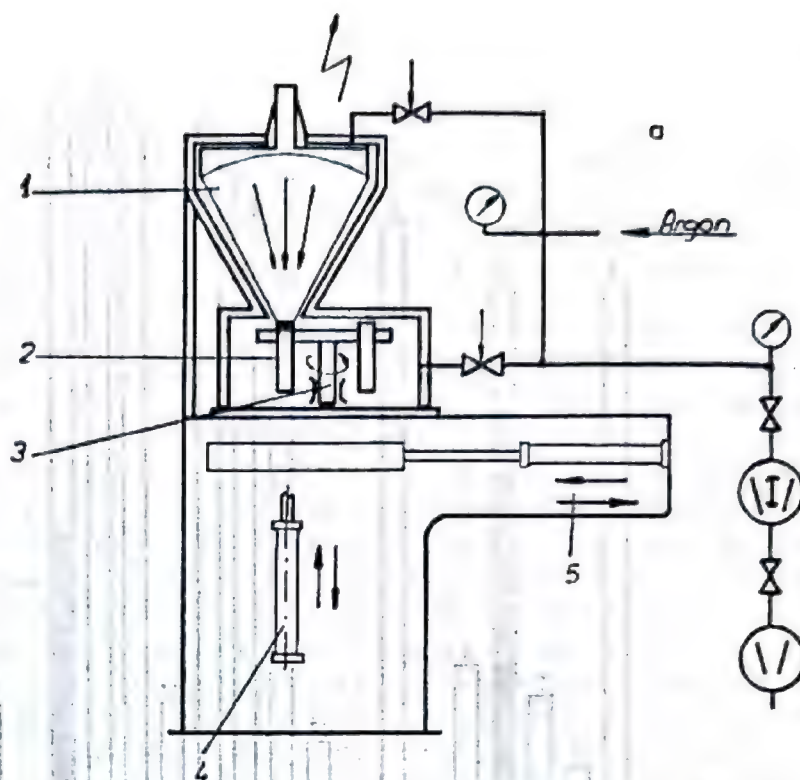
1 — inducție frecvență înaltă; 2 — inducție frecvență medie; 3 — fascicul de electroni; 4 — plasmă; 5 — flacără.

și producției românești de echipamente și componente laser. Nivele de 0,5—3% din totalul pieselor tratate termic pot fi prelucrate cu surse neconvenționale pînă în anul 2000.

O comparație între procedeele de tratamente termice privind consumurile de energie este dată în fig. 4.32.

Fig. 4.31. Schema echipamentului românesc de tratament cu flux de electroni și plasmă:

a — schema; b — variația microdureității și aspectul microstructurii stratului călit în flux de electroni la un oțel 41 MoC 11; 1 — tun de electroni; 2 — piesa de tratat; 3 — mecanism de transfer; 4 — mecanism de ridicare; 5 — mecanism de alimentare (ICSITSCM).



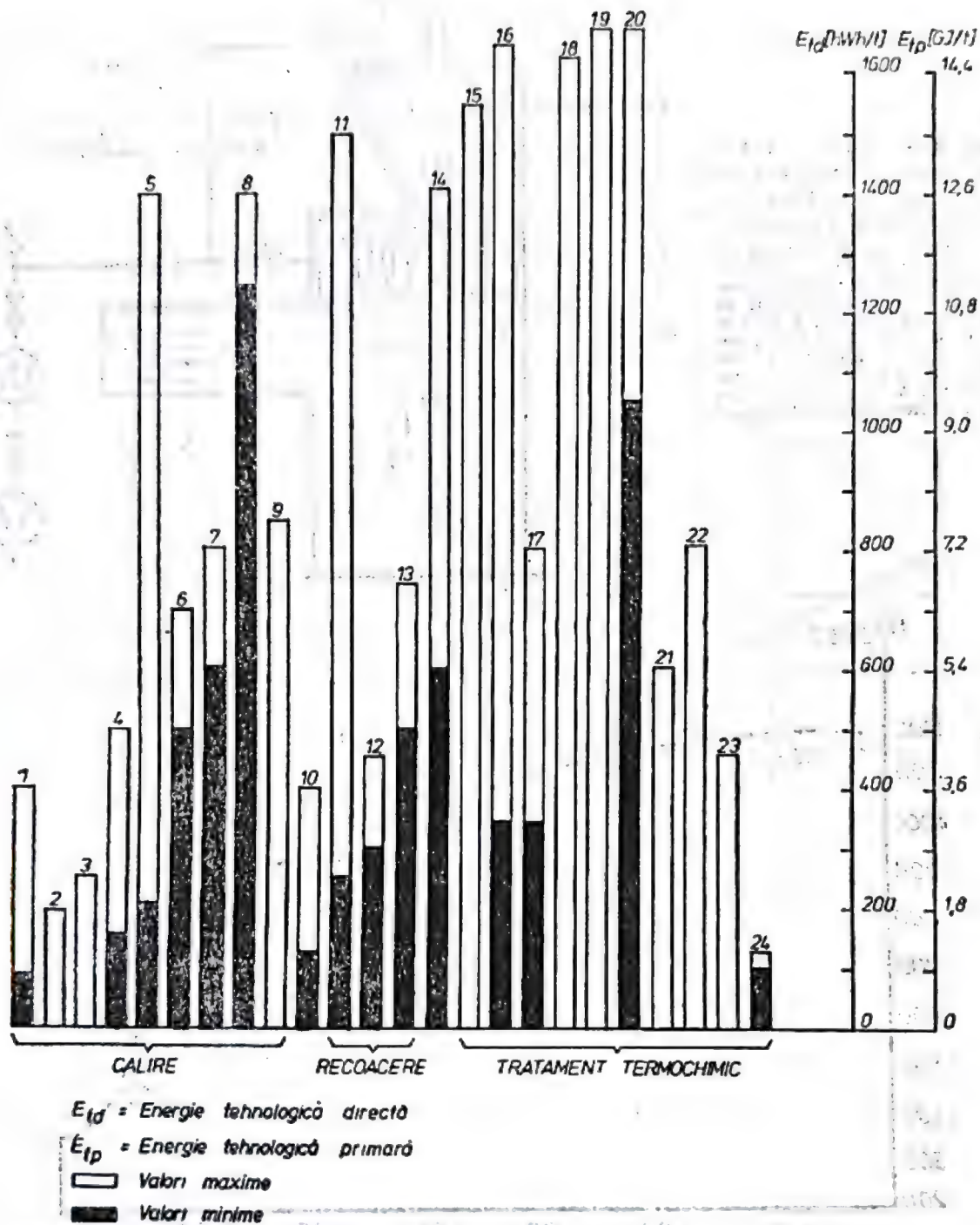


Fig. 4.32. Consumul de energie tehnologică la unele operații de tratamente termice:

1 — călire prin inducție; 2 — călire în flux de electroni; 3 — călire cu laser; 4 — călire prin inducție+revenire; 5 — călire cu încălzire în cuptoare obișnuite; 6 — călire în cuptoare cu vid; 7 — călire în cuptoare cu atmosferă controlată; 8 — călire în băi de săruri; 9 — călire în strat fluidizat; 10 — revenire; 11 — recoacere; 12 — recoacerea oțelului în aer; 13 — recoacerea de sferoidizare a fontei; 14 — normalizare; 15 — patentare în baie de plumb; 16 — carburare; 17 — carburare în vid; 18 — carburare în prafuri; 19 — carburare în săruri; 20 — cianurare; 21 — nitrocarburare în mediu gazos; 22 — nitrocarburare în mediu lichid; 23 — nitrurare în gaz; 24 — nitrurare ionică.

4. Calitatea

Complexitatea proceselor din activitatea sectoarelor calde, diversitatea tehnicilor materialelor, materiilor prime și auxiliare, a naturii proceselor și a condițiilor limită de prelucrare a metalelor și aliajelor necesită un sistem bine organizat care să asigure: momentul controlului; frecvența sa; metoda și aparatura.

Pentru asigurarea calității totale care începe de la proiectare, elaborarea proiectelor, prescripțiilor de recepție și control și a colectării informațiilor necesare ridicării calității, este necesară organizarea unui sistem global.

Optimizarea activității sectoarelor calde poate fi sprijinită încă de la proiectarea produsului prin: folosirea metodelor moderne de calcule de rezistență care permit coeficienți de siguranță mai mici și economii de metal; însușirea de cunoștințe mai extinse asupra materialelor metalice și înlocuitorilor; capacitatea de a folosi alternative de material în raport cu cerințele beneficiarilor și disponibilitățile economiei și producției; colaborarea cu proiectanții de tehnologii și echipamente pentru stabilirea soluțiilor care conduc la consumurile minime de material și manoperă; bănci de date privind materialele — atât metalice, cât și nemetalice — care să permită o flexibilitate maximă în realizarea unui și aceluiași produs din diverse materiale, fără a-i afecta funcționalitatea.

Manualele de asigurare a calității și procedurile care au început să fie implementate în unele întreprinderi și institute antrenate în programul nuclear, aviatic și chiar de autoturisme pot fi particularizate și pentru sectoarele calde metalurgice. Din cheltuielile pentru asigurarea calității cele preventive (proiectare, menținere a sistemului etc.) reprezintă 0,5 ... 10% în timp ce defectele în uzină (rebuturi, remanieri, capacități consumate, stagnări) reprezintă 25 ... 40%, iar defectele la beneficiar 20 ... 40%.

Fără a insista asupra organizării unui sistem, vom accentua un aspect specific activității în sectoarele calde și anume aparatura de măsură și control.

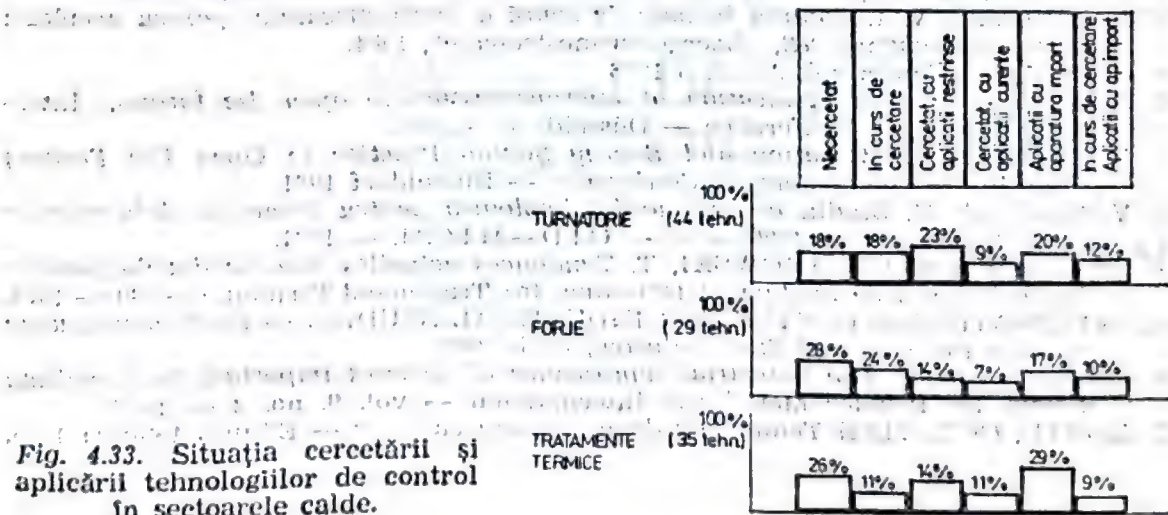


Fig. 4.33. Situația cercetării și aplicării tehnologiilor de control în sectoarele calde.

O examinare recentă a situației tehnicilor de control viabile în prezent, specifice activităților din sectoarele calde a condus la clasificarea din fig. 4.33.

Rezultă că o mare parte a operațiilor de control se realizează cu aparatură din import (36% la piese turnate, 52% la piese forjate și 37% la tratamente termice). Concluzia implicită este că apare ca necesară o abordare sistemică și multidisciplinară de cercetare și asimilare în țară a acestora.

Implementarea sistemului de asigurare a calității trebuie făcută eșalonat pe bază de contracte directe cu industria pentru studii de caz, analize de proiecte, procese, indicatori sintetici ai calității și alte date tehnice și economice.

Acestea pot ajuta și la abordarea corectă a proiectelor de modernizare și optimizare a proceselor tehnologice și secțiilor existente.

O organizare centralizată pentru concepția și producția de A.M.C., va trebui să întrunească specialiști competenți din mai multe discipline, la cel mai exigent nivel de asigurare a calității, bazați pe un sistem informațional dinamic și operativ. Concepția românească trebuie stimulată și valorificată la maximum pentru acest domeniu hotărîtor al asigurării competitivității.

BIBLIOGRAFIE

1. ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. *The Evolution of the Specific Consumption of Steel* — ECE/Steel/45. United Nations — NY — 1984.
2. * * * Nippon Steel Technical Report no. 18, 1981.
3. * * * Aluminium no. 1/1982.
4. * * * Japan Metal Buletin no. 4446 1983.
5. * * * La Fonderia Italiana no. 2/1982.
6. ȘTEFANESCU, CL. *Roumanie a un million tonnes de pièces moulées*. 39. Congres Internațional Turnătorie — Philadelphia 1972.
7. B. E. PATON *Tehnologia de turnare în baia de zgură în construcția de mașini*. Ed. Tehnică, Kiev 1984.
8. KLINCEV, M. M. ș.a. *Retopirea în baie de zgură*. Ed. Metallurgia 1984.
9. RABINOVICI V. I. *Topirea în baie de zgură a semifabricatelor pentru armături energetice pentru CNE*, „Energomașinostroenie”, 1984.
10. * * * Nickel Topics vol. 31 no. 3 1978.
11. RUSSEL, J. P. *The application of microprocessors to open die forging*. International Forging Conference — Düsseldorf — 1981.
12. KATO, R. ș.a. *Automation and Energy Saving Practice in Open Die Forging Shop*. International Forging Conference — Düsseldorf 1981.
13. VASILIU, A. V. *Studiu de prognoză tehnologică pentru domeniul deformărilor plastice. Perspective 1990—2000* — O.I.D.—M.I.C.M. — 1981.
14. SZPUNAR E. și BURAKOWSKI, T. *Tendances actuelles dans le développement des techniques de traitement thermique*. In: *Traitement Thermique* — 130 — 1978.
15. INTERNATIONAL CENTRE FOR INDUSTRIAL STUDIES — *Draft world wide study of the Iron and Steel industry, 1975—2000*.
16. HEITZINGER, F. *The industrial significance of the most important high melting metals*. In: *Powder Metallurgy International* — vol. 9, no. 2 — 1977.
17. DONȚU, OCTAVIAN *Tehnologie de prelucrare cu laser* — Editura tehnică 1985.



**MAȘINI, UTILAJE ȘI SDV-URI.
PROIECTARE, CONSTRUCȚIE,
TIPIZARE**

Conceptul de flexibilitate în literatura tehnologică datează din deceniul trecut. El se referea în special la posibilitățile oferite de integrarea tehnicii de calcul în conducerea operațiilor tehnologice, în primul rând pe calea comenzii program numerice. Apărea dintr-o dată posibilitatea conducerii automate a unei operații tehnologice complexe, de exemplu pe o mașină-unealtă de așchiere, atât a succesiunii operațiilor, cât și a deplasării în spațiu a uneltelor. Pe măsura realizării unor sisteme electronice de comandă din ce în ce mai performante, sub aspectul dimensiunii memoriilor și al fiabilității, a devenit posibil să se programeze și manevrele auxiliare de lucru, ca schimbarea sculelor sau manipularea pieselor. Microelectronica a permis accesul echipamentelor de comandă în imediata apropiere a locului de lucru, iar roboții industriali și alte mijloace programabile de manipulare au preluat execuția unor operații rezervate anterior operatorului uman, sau automatizabile numai prin intermediul unor mecanisme specifice și foarte complicate. Toate aceste mijloace noi de producție au permis pătrunderea automatizării în tehnologia discontinuă și în domeniul producției în loturi mici, chiar de unicate. Sistemele tehnologice informatizate, conduse prin calculator, permiteau conectarea de la un program de producție la altul, de la un proces la altul, fără intervenția laborioasă a omului. Se născuse astfel tehnologia sistemelor flexibile.

În ultimul timp însă, conceptul de flexibilitate tinde să depășească limitele sistemelor tehnologice propriu-zise. Din ce în ce mai mult apare necesitatea ca flexibilitatea să se evalueze nu numai la nivelul echipamentelor de producție, ci la scara întregii întreprinderi. Devine din ce în ce mai evident faptul că eficiența procesului industrial depinde nu numai de posibilitatea de a reprograma rapid mașinile de producție, pentru schimbări în obiectul și cadența producției, ci de capacitatea întregii întreprinderi de a se adapta exigențelor în continuă transformare ale dezvoltării sociale, pe scara progresului tehnologic contemporan. Prezentul studiu încearcă să familiarizeze pe cititori cu această accepție largă a conceptului de flexibilitate, cu ideile și mijloacele concrete care servesc astăzi obținerii unor structuri industriale flexibile, de mare eficiență și competitivitate.

Funcțiunile structurilor flexibile

Flexibilitatea este o cerință generală a societății contemporane, o consecință a stadiului actual de dezvoltare. Tehnologia flexibilă sau flexibilitatea în producția de bunuri materiale, în modul de a munci, nu este decât consecința creșterii flexibilității în comportamentul general al grupurilor de oameni și al fiecărui om în parte, manifestate în viața de fiecare zi, dar și în modul de a gândi, în filozofie și în artă. Apelul la tehnologie flexibilă și la sisteme industriale ușor adaptabile este astăzi o comandă socială, care merge mână în mână cu dezvoltarea economică. Nu poți fi competitiv fără flexibilitate.

Să încercăm să deducem cerințele de flexibilitate ale unei întreprinderi pornind de la modelarea ei ca sistem, căruia îi sînt proprii anumite *funcțiuni*. Într-o viziune comună, funcțiunile întreprinderii sînt cele *tehnologice* și *economice*. Funcțiunile tehnologice cuprind concepția și producția, funcțiunile economice, resursele, cheltuielile și beneficiul. Iată, însă, că într-o astfel de concepție îngustă, flexibilitatea nu apare ca o caracteristică proprie întreprinderii. Imaginea se schimbă dacă adăugăm printre funcțiunile de bază ale întreprinderii *identificarea și selecția comenzii sociale*, cu alte cuvinte în momentul în care întreprinderea răspunde direct, pe de o parte, de cunoașterea situației pieții pentru categoria respectivă de produse, a perspectivelor evoluției cererii și a cerințelor de utilizare, de nivelul calității produselor care se cer și vor fi cerute, de cercetările în curs privind tehnologia respectivă, iar pe de altă parte, de selecția obiectivelor de dezvoltare care rezultă din aceste elemente, de concentrarea forțelor pentru atingerea acestor obiective, cu alte cuvinte de *strategia și tactica dezvoltării*. În această concepție, potențialul de cercetare de marketing și de prognoză se ridică la același nivel de importanță ca și cercetarea tehnologică propriu-zisă, iar inițiativa strategică și tactică devine un factor de producție la fel de important ca mașinile-unelte și metodele de fabricație. Desigur că pentru o întreprindere care așteaptă ca toate acestea să fie rezolvate în altă parte, la alt nivel, conceptul de flexibilitate nu are nici o consistență.

Pe de altă parte, flexibilitatea unei întreprinderi nu exprimă altceva decât funcționarea optimală a sistemului în condiții externe diferite. Revin la imaginea întreprinderii ca sistem care trebuie să îmbine într-un ansamblu flexibil elemente componente adînc specializate, ne dăm seama că flexibilitatea este de fapt o problemă de *contact*, de siguranță a legăturilor între aceste elemente. Contacte bune înseamnă, în condițiile întreprinderii industriale, o bună *informare* a verigilor componente despre ce se întîmplă și cum să se reacționeze în diferite situații, și la urma urmei o perfectă *învățare* a sistemului. Este limpede că un sistem poate fi flexibil, se poate adapta pentru a face față unor comenzi sociale noi sau modificate, numai în măsura în care el este bine cunoscut și fiecare element component al lui știe cum să acționeze în aceste situații, fără să aștepte dispoziții de la nivele superioare. Prin opoziție, *necunoașterea determină rigiditate*. De multe ori, în activitatea de fiecare zi, sîntem confrunțați cu

reacții negative din partea unor întreprinderi sau secții de producție, atunci cînd se pune problema asimilării fabricației unui produs nou. Aceste reacții constau, în general, în căutarea motivelor care se opun realizării sarcinii respective. Astfel de atitudini au multe explicații, cum ar fi teama de risc, sau lipsa de disponibilitate pentru efort suplimentar, dar în numeroase cazuri aceste motive s-ar elimina singure dacă problema ar fi bine cunoscută, dacă ar fi fost bine învățată. Lipsa de cunoaștere a noului obligă la păstrarea vechiului, care parcurge drumuri bătătorite, bine cunoscute.

Conceptul teoretic de întreprindere văzută ca sistem, care trebuie învățat și în care contactele și informarea joacă un rol de prim ordin, oferă punctul de plecare al unor reflexii utile cu privire la modalitățile practice de structurare și construire a acesteia. O primă problemă este aceea a dimensiunii optime a întreprinderii. Dezbateri anterioare cu privire la această problemă au avut ca element de referință mai ales problema specializării, scoțîndu-se în evidență oportunitatea de a nu concentra în aceeași unitate tehnologii de nivel diferit, dat fiind pericolul de contaminare a tehnologiilor avansate de cele inferioare. Aceste aspecte, precum și altele ar putea fi reluate, vizînd dimensionarea optimă a întreprinderii din punctul de vedere al profilării, specializării și gradului de integrare, cu aspecte particulare pentru industria de vîrf tehnologic. În contextul cerințelor de flexibilitate, problema dimensiunii optime a întreprinderii trebuie abordată însă într-un cadru mai larg, acela al cantității de informații care trebuie stăpînită pentru buna funcționare a sistemului. Desigur, mijloacele actuale de vehiculare și prelucrare a informațiilor, de reglare și de asistare a deciziilor cu calculatorul electronic permit — în principiu — conducerea optimizată a unor sisteme mult mai complexe decît în trecut. Trebuie însă să avem în vedere că volumul de informații de prelucrat în conducerea unei unități industriale moderne depășește de multe ori ca ordin de mărime cel dintr-o întreprindere convențională. Să facem o comparație, avînd, într-o parte, o fabrică de automobile, iar în cealaltă, o fabrică de echipamente tehnologice. Fabrica de automobile produce o familie de autoturisme, în concepție modulară, două sau trei caroserii, cîteva grupuri motor-cutie de viteză primite din afară, prelucreză în total cîteva mii de repere diferite, din care anual se modifică cel mult cîteva procente. Pe fiecare loc de lucru se execută în fiecare zi aceeași operație. Volumul de informații de prelucrat pentru conducerea uzinei este aproape același, independent de numărul de bucăți fabricate, zeci de mii pe an, sute de mii sau chiar milioane. Asimilarea unui tip nou de automobil este organizată pe o linie concepută și construită ad-hoc, cu nivel înalt de automatizare. Totodată se organizează un program special de învățare pentru cadrele de toate nivelele. Experiența demonstrează că în astfel de cazuri chiar fabrici gigantice pot fi suficient de flexibile pentru a se menține competitive.

Situația se schimbă radical, pe măsură ce seriile de fabricație scad și crește complexitatea tehnică a produselor. În fabrica de utilaje tehnologice, toate produsele sînt unicate, aproape fiecare reper este nou. Procesul de învățare nu se poate desfășura decît în mers, fiecare operație re-

prezintă o noutate care trebuie explicată și înțeleasă. Este necesară o pregătire de bază foarte înaltă, la toate nivelele. Numărul de repere diferite este de un ordin superior de mărime celui dintr-o fabrică de serie, chiar dacă fabrica este mult mai mică. Procesul tehnologic implică o doză mai mare de risc, deoarece nu există prototipuri realizate și probate anterior: fiecare produs este un prototip.

În astfel de condiții pare evident că o întreprindere mijlocie sau chiar mică (în cazul aparaturii electronice profesionale de exemplu) poate fi mult mai flexibilă decât o întreprindere mare. Trebuie să admitem că există, în astfel de cazuri, o dimensiune critică a întreprinderii, determinată de posibilitatea de cuprindere, de timpul necesar pentru învățarea sistemului. Dacă această dimensiune critică este depășită, ne putem aștepta la o situație în care cunoașterea sistemului rămâne în permanență în urmă față de cerințele obiective de conducere, de la cel mai periferic loc de muncă pînă la nivelele de conducere. În astfel de cazuri cerințele de flexibilitate sînt primele care rămîn neîndeplinite.

Trei tipuri de structuri industriale

De la Taylor încoace, deci din ultimul deceniu al secolului trecut, de cînd a devenit evident că eficiența producției industriale nu poate fi obținută exclusiv pe baza bunului simț al celor implicați, ci este necesară o pregătire științifică a producției, se pot distinge trei forme caracteristice de evoluție a concepției de bază privind structurile industriale. În prima, pe care am putea-o numi forma *convențională*, principala problemă a demarării unei producții noi consta în construirea fabricii și echiparea ei cu mașini de producție. Clădirile noi erau necesare pentru a adăposti noul tipuri de mașini-unelte, cu acționări electrice individuale, care înlocuiau pădurile de transmisii cu axe și curele. Noile mașini-unelte se distingueau prin productivități și precizii sporite. Toate aceste mașini, mînuite de om, aveau posibilități foarte variate de lucru. Întreprinderile industriale structurate în sectoare specializate pe procese tehnologice (de exemplu, în construcția de mașini, prelucrări mecanice, ajustaj, montaj etc.) erau foarte flexibile, fiind capabile să producă o gamă largă de produse, în limita competenței lucrătorilor.

O dată cu creșterea exigențelor de natură tehnică și economică asupra producției, concomitent cu diversificarea din ce în ce mai accentuată a produselor, dar și cu creșterea seriilor de fabricație, structurile industriale convenționale nu mai puteau face față. Organizarea producției de mare serie pentru produse finale, sau numai pentru ansamble componente (ca rulmenți, organe de asamblare, aparatură de comandă și reglaj) sub forma unor linii de fabricație și montaj cu înalt nivel de mecanizare și automatizare a marcat începuturile unei noi forme de organizare, pe care am putea-o denumi a *automatizării rigide*. Această nouă concepție de structurare a întreprinderii industriale a dus la enorme creșteri de productivitate, dar a avut drept consecință rigidizarea, necesitatea de a menține în

fabricație ani de zile același produs și de a investi valori însemnate la fiecare schimbare. Era necesară o reacție care nu a întârziat să apară.

Trecerea la comanda programată a mașinilor-unelte, cu ajutorul tehnicii electronice de calcul și în special cu pătrunderea microelectronicii în imediata apropiere a proceselor de producție, pentru dirijarea sistemelor de prelucrare, montaj, manipulare, control a permis trecerea la *automatizarea flexibilă*, a permis pătrunderea automatizării în fabricația de serie mică, chiar de unicate. O dată cu acest pas înainte s-au produs restructurări importante ale valorilor consumate pentru pregătirea producției noi. Se știe ca în linii mari — aceste valori se referă la mijloace fixe (clădiri și mașini), la pregătirea fabricației și la cercetare-proiectare. Să reamintim că aceste cheltuieli se subdivid de asemenea în *cheltuieli trecute* (de exemplu clădirile și mașinile-unelte din dotarea existentă) și *cheltuieli vii*, adică cele necesitate de un anumit program de dezvoltare, cum ar fi asimilarea fabricației unui produs nou, în care intră mașinile speciale care trebuie achiziționate, pregătirea fabricației și cercetarea tehnologică. Să avem în vedere de asemenea diferențierea între echipamente și conceptul modern de *programente* (introdus de Acad. Mihai Drăgănescu), echivalentă cu dihotomia hardware/software din tehnica de calcul, în care echipamentele reprezintă obiectele fizice (clădiri, mașini-unelte), iar programentele, munca de cercetare și inginerie tehnologică.

Tendențele actuale de dezvoltare industrială dovedesc că atingerea unui nivel înalt de flexibilitate este legată în mare măsură de creșterea accentuată a ponderii cheltuielilor vii în detrimentul cheltuielilor trecute. Cheltuielile vii reprezintă factorul dinamic în dezvoltarea producției. Optimizarea folosirii mijloacelor fixe se realizează în primul rând cu contribuția cercetării și accesul pe această cale la tehnologii de vîrf. Sporirea relativă și absolută a cheltuielilor vii constituie totodată cheia pentru creșterea vitezei de însușire a noului, pentru creșterea flexibilității. Soluțiile de dezvoltare trebuie găsite în primul rând în interiorul hălelor existente, prin creșterea randamentului mașinilor-unelte și transformarea lor în sisteme de mare productivitate, asistate de tehnică de calcul, multi-programabile. Spațiile de producție necesare pot fi obținute de regulă printr-o abordare dinamică a organizării atelierelor, de exemplu prin reorganizarea fluxurilor atunci cînd intervin modificări de produse sau de cadențe de producție. Accentul pe flexibilitatea producției impune reducerea la minimum a construcției de noi clădiri, în favoarea reprofilărilor pentru tehnologii noi, dezvoltării cu prioritate a cercetării și pregătirii fabricației pentru asigurarea calității, începerea producției în ritmuri progresive, cu salturi dese de productivitate.

Distingînd aceste trei forme de structuri industriale, care reprezintă de fapt trei trepte de progres, trebuie să precizăm că ele coexistă și vor coexista încă multă vreme. Este important însă ca tendința de trecere spre structuri din ce în ce mai flexibile să fie luată în considerare ca factor esențial de competitivitate și să se acționeze într-o concepție strategică corespunzătoare. În acest sens sînt semnificative experiențele negative ale unor mari grupuri industriale nord-americane din industria automobilu-

lui. Se cunoaște faptul că, cu câțiva ani în urmă, producția japoneză de automobile a ajuns din urmă pe cea din S.U.A., atât ca volum, cât și din punct de vedere calitate și preț. După părerile cele mai autorizate, această incredibilă detronare a unei industrii care a dominat piața mondială încă de la nașterea ei s-a datorat lipsei de flexibilitate. Ceea ce este mai remarcabil e faptul că reacțiile americane de a restabili situația nu au lipsit. A lipsit însă o strategie justă de promovare a flexibilității. Este cunoscută experiența Vega a concernului General Motors. Acum mai bine de un deceniu, noul tip de automobil *compact*. Vega trebuia să desființeze concurența japoneză. S-a construit o fabrică complet nouă, într-o concepție organizatorică nouă, cu nivel înalt de automatizare etc. După pregătiri, care au durat cinci ani sau mai mult, Vega s-a dovedit un produs depășit în raport cu noile tipuri japoneze. Se pare că nici astăzi concepția strategică de dezvoltare americană nu s-a schimbat prea mult. Acum, în loc de Vega, este anunțat Saturn, mașina *subcompact*, destinată să concureze mașinile japoneze la un preț cu 1 000 dolari mai mic decât costul unui automobil actual. Se prevede o fabrică complet nouă, construită de la fundație, integrare verticală sporită, pentru a economisi transporturi, flux unic materiale-produs, linie de montaj în concepție modulară. În plus se va adopta organizarea japoneză „just in time” (exact la timp), ceea ce înseamnă lucrul practic fără stocuri intermediare de materiale și piese. Personal am multe îndoieli în legătură cu succesul acestui proiect și mă întreb, dacă în 1988, când e prevăzută începerea producției, rezultatul planetei Saturn nu va semăna cu cel al splendidei stele Vega. Mă întreb de exemplu de ce anumite inovații prevăzute să fie aplicate în noua fabrică nu sînt aplicate de pe acum în fabricile existente, deoarece aplicarea „sarcinilor de producție alternative”, prin care se încearcă crearea unei „forțe de muncă flexibile”, sau „integrarea sporită a muncii cu conducerea”, precum și a organizării „exact la timp” nu este condiționată de infrastructură. Cît timp va dura învățarea acestor noi sisteme de lucru într-o fabrică care va porni abia în 1988? Nu cumva această concepție strategică grandioasă a pierdut din vedere și de astă dată tocmai flexibilitatea?

Personal apreciez că realizarea unor structuri industriale flexibile are condiții optime în cadrul unui program de *dezvoltare treptată*. În cadrul unui astfel de program, accentul principal cade pe cercetarea de produs și pe rezolvarea problemelor tehnologice care rezultă, prin înțelegerea reciprocă dintre proiectant și tehnolog. Dintr-o astfel de analiză rezultă problemele cheie ale noului proces de fabricație. Oricît ar fi de complicate aceste probleme, ele vor putea fi totdeauna precis conturate și rezolvate printr-o concentrare adecvată de forțe. Vor fi necesare probabil noi linii de fabricație, dar, prin utilizarea comenzilor numerice, a centrelor de prelucrare, a roboților industriali, a robotransportoarelor teleghidate, realizarea lor va implica în principal muncă de concepție, inginerie de sistem. Se reduce la minimum necesitatea de a proiecta și executa mașini și dispozitive speciale, care, o dată produsul scos din fabricație, nu pot avea altă soartă decât dezmembrarea și casarea. Vor fi necesare mijloace specializate de control de calitate, standuri de probe, dar durata de realizare a



acestora poate fi mult scurtată prin utilizarea echipamentelor modulare, precum și a sistemelor automate de măsură asociate cu tehnică de calcul, la care partea specifică produsului reprezintă o fracțiune relativ redusă din valoarea totală.

În cadrul unei astfel de concepții de dezvoltare flexibilă progresivă cred că trebuie acordată o importanță din ce în ce mai mare așa-numitei *automatizări evolutive*. Structura liniilor flexibile de prelucrare și montaj, asistate de microelectronică, admit — spre deosebire de automatele rigide — o conlucrare directă a omului cu sistemul automat. De aceea putem etapiza construirea unui sistem tehnologic automat. La început el va fi pus în funcțiune cu câțiva operatori umani, care preiau operațiile pentru care încă nu s-au putut elabora soluțiile de operare automată, ca selecția unor piese cu defecte de formă, orientarea lor în vederea manipulării robotizate, o asamblare care necesită mare îndemânare. Mai târziu, pe măsură ce și ritmul producției va crește, se vor putea înlocui oamenii cu un dispozitiv imaginat între timp, cu un nou tip de robot, sau cu un sistem de orientare prin vedere artificială. Acest concept al automatizării evolutive se integrează organic în strategiile moderne de dezvoltare industrială flexibilă.

Sisteme flexibile de fabricație

Să ne oprim în cele ce urmează la modalitățile practice de realizare a sistemelor automate flexibile, la mijloacele puse în operă pentru a împăca condițiile contradictorii de automatizare, pe de-o parte, de flexibilitate pe de alta.

Pentru o mai ușoară înțelegere, să pornim de la schema generală a unui sistem tehnologic de fabricație (fig. 5.1), arătată în figură. Intrările în sistem sînt prescripțiile constructive și tehnologice, materiile prime și semifabricatele, energia; ieșirile — produsele care rezultă. Fabricația propriu-zisă se desfășoară în subsistemele prelucrare și montaj. Subsistemele manipulare și control de calitate acționează fiecare în interiorul celor două subsisteme tehnologice, la contactul dintre ele și dintre ele și exterior. Subsistemul de comandă dirijează toate subsistemele, asigurînd și legătura sistemului cu exteriorul. Exemplele pe care le vom descrie se situează la trei nivele de complexitate: (a) elemente componente ale subsistemelor; (b) subsisteme; (c) sisteme de fabricație.

În cadrul unui *subsistem de prelucrare*, elementul flexibil reprezentativ este astăzi centrul de prelucrare. În fabricile noastre producătoare de mașini-unelte se fabrică numeroase tipuri de centre de prelucrare pentru operații de așchiere. Acestea sînt capabile să prelucreze automat mașini-unelte cu comandă numerică, o piesă de un anumit gen, într-o succesiune complexă de faze. În acest scop piesa poate fi deplasată automat în mai multe poziții de lucru, iar centrul este prevăzut cu un magazin de scule, schimbarea acestora făcîndu-se de asemenea automat, conform programului. Dacă unui astfel de *centru* îi adăugăm un sistem de manipu-

lare local, de exemplu un robot industrial care asigură alimentarea și degajarea automată a centrului, un sistem de înmagazinare a pieselor înainte și după prelucrare, precum și un echipament de comandă cu mai multe programe, obținem o celulă de prelucrare, capabilă să execute automat prelucrări de loturi de piese diferite, oricât de mici. În fine, dacă cuplăm între ele mai multe astfel de celule, putem realiza *sisteme de prelucrare*

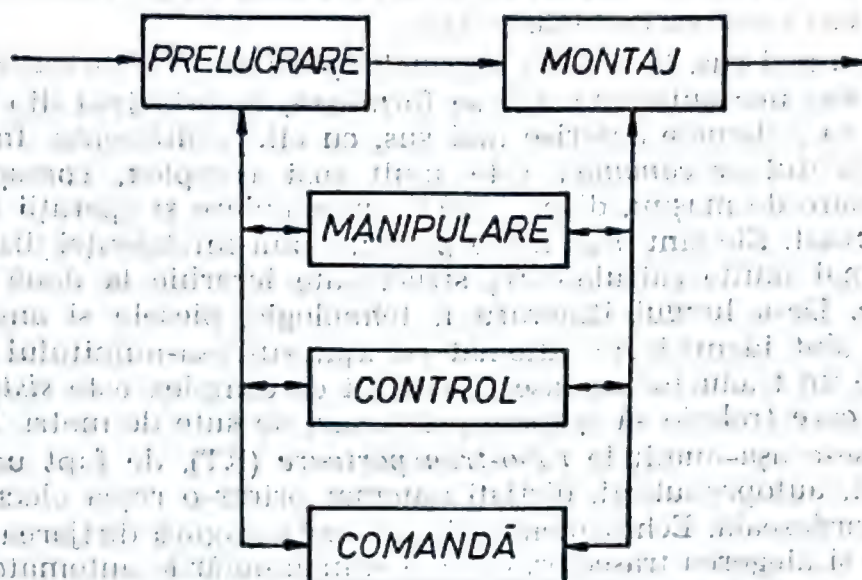


Fig. 5.1.

din ce în ce mai complexe. Cuplarea se realizează prin dispozitive programabile de manipulare care leagă între ele diferitele celule, precum și un sistem de comandă cu calculator electronic. Un astfel de sistem poate efectua game largi de prelucrări, pe loturi variate de piese, fără a fi nevoie de intervenții manuale la trecerea de la un reper la altul. În mod similar se pot realiza *sisteme de control de calitate* sau de *montaj*, în care elementele principale le constituie dispozitivele programabile de manipulare, în principal roboții industriali, iar în cazul sistemelor de control diferite teste sau mașini de măsurat în trei coordonate, cu comandă program. Așa cum am mai arătat, în cadrul unor astfel de sisteme flexibile, alături de mașini automate și roboți pot fi menținuți și operatori umani, pentru operații care din motive tehnice sau economice nu pot fi încă preluate de dispozitive automate.

Iată de exemplu atelierul flexibil de prelucrare pentru cutii de viteză de autocamioane al unei fabrici franceze, care are în profil 100 ansamble pe zi, de mai multe tipuri. El cuprinde șase centre de prelucrare și mașini modulare convertibile. Un echipament de manipulare asigură circulația pieselor de la o mașină la alta, conform programului stabilit pentru fiecare reper. Un exemplu tipic de sistem flexibil de *montaj* este cel pus în funcțiune recent la o fabrică germană de autoturisme, pentru asamblarea grupului motor-transmisie. Montajul propriu-zis se face în mare parte

manual, dar în locul benzii rigide de montaj s-a introdus un sistem de manipulare flexibil, condus prin calculator, toate operațiile de alimentare cu piese, transfer, poziționare făcându-se complet automat. Acest calculator primește direct de la sistemul informațional al întreprinderii specificația de asamblare a grupurilor conform necesarului liniei de montaj final a automobilelor. O imagine asupra flexibilității o dă faptul că sistemul de montaj descris assemblează 80 de tipuri de bază cu 20 transmisii diferite, în total circa 600 variante de produse.

Să trecem mai sus, la nivelul *sistemelor flexibile de fabricație*, al atelierelor sau secțiilor automate. Ele se formează, în principal din aceleași componente ca sistemele descrise mai sus, cu câteva diferențe. În primul rând *echipamentul de comandă* este mult mai complex, corespunzător numărului mare de mașini, dispozitive de manipulare și operații tehnologice de controlat. Ele sînt organizate pe principiul inteligenței distribuite, cuprinzînd mai multe calculatoare, structurate ierarhic la două pînă la patru nivele. De-a lungul itinerarului tehnologic, piesele și ansamblele care circulă sînt identificate automat cu ajutorul așa-numitului *cod cu bare*, citit de un traductor cu laser. Deosebit de complex este *sistemul de manipulare*, care trebuie să acopere parcursuri de sute de metri. În acest scop se folosesc așa-numitele *robo-transportoare* (RT), de fapt un fel de roboți mobili, autopropulsați, *dirijați automat* printr-o rețea electrică îngropată în pardoseală. Echipamentul de comandă asigură *dirijarea R.T.* pe firul de cale și alegerea traseelor, oprirea și manipularile automate în stații, prevenirea coliziunilor. Tot automat se controlează nivelul de descărcare al bateriilor de acumulatori care acționează RT, *dirijîndu-le automat* la încărcare cînd e nevoie.

Din elementele descrise mai sus se pot combina sisteme flexibile de fabricație cu profile foarte diferite. Dăm ca exemplu fabrica japoneză de mașini-unelte speciale, inclusiv mașini pentru prelucrări neconvenționale, care — pe o suprafață de 20 000 m² produce circa 350 unități pe an, unicate și serii minime. Este echipată cu 40 mașini-unelte și sisteme de prelucrare CN și CNC, între care sînt amplasate puncte de încărcare-descărcare, repaletizare și control de calitate. Toate componentele care intră sau se realizează în cadrul procesului sînt stocate în două magazine automate, controlate de calculator. Sistemul de manipulare cu robottransportoare asigură transportul materialelor, pieselor, SDV, între magazia automată și mașinile de prelucrare, transportul pieselor între operații și legătura cu punctele de măsură și control, precum și al pieselor controlate de la CTC la repaletizare, sau la magazine și la montaj. Parcursul RT însumează 2 300 m și 136 stații, încărcarea și descărcarea RT făcîndu-se automat, cu dispozitive hidraulice. Sistemul de comandă computerizat are structură modulară; el este în continuă comunicare cu fiecare RT, controlînd mersul acestora, poziționarea, mișcările de încărcare și descărcare, alegerea vehiculului pentru o anumită cerere de transport după criteriul minimizării distanței de parcurs.

Într-un domeniu complet diferit funcționează centrul automat de preparare și distribuție pentru produse petroliere (uleiuri aditivăte) al unei

firme din R.F.G. Centrul produce 600 produse diferite, realizate prin amestecul dozat a 20 uleiuri de bază cu 500 aditivi, ambalate în capacități diferite și asamblate conform comenzilor clienților. El cuprinde o magazie înaltă cu deservire automată și 14 RT care circulă pe un parcurs de 2 000 m. Încărcarea și descărcarea vehiculelor RT se face automat. Sistemul de comandă este echipat cu trei calculatoare PDP 11/70, 30 ecrane și 8 imprimante. El asigură atât controlul magaziei și prelucrarea comenzilor, cât și comanda sistemului complex de manipulare, inclusiv legătura dintre RT și conveiorul de legătură cu exteriorul.

Aceste sumare descrieri demonstrează destul de convingător faptul că realizarea unor structuri de fabricație flexibile, cu înalt nivel de automatizare, este actuală și perfect accesibilă. De fapt aceste sisteme flexibile integrează componente bine cunoscute ale tehnologiei contemporane, ca mașini de producție cu comandă numerică, roboți industriali și robottransportoare, echipamente de comandă cu microprocesoare și calculatoare electronice de proces. Un număr relativ mare de astfel de sisteme, din ce în ce mai complexe, sînt în funcțiune, mai multe sînt în pregătire.

În ceea ce privește eficiența lor economică, să reamintim că efectele reale depășesc cu mult economia rezultată din reducerea consumului de mînă de lucru. Următoarele efecte greu de cuantificat trebuie luate în considerare:

1. Realizarea unui proces de producție „transparent“, ușor de supravegheat în toate punctele cheie.
2. Eliminarea timpilor morți de așteptare, reducerea duratei ciclului de fabricație, respectarea termenelor de livrare.
3. Reducerea la minimum a stocurilor de producție neterminată.
4. Reducerea drastică a duratei de asimilare în fabricație a produselor noi sau a variantelor noi de produse, precum și a timpului de răspuns la comenzile beneficiarilor.
5. Calitate sporită prin creșterea eficienței controlului de calitate, precum și prin acuratețea și ordinea procesului de producție.

Noi profile industriale de mare flexibilitate

Lărgirea conceptului de flexibilitate, la care ne-am referit în introducerea, este dovedită de apariția unor noi tipuri de profile industriale, care reprezintă — fără excepție — *adaptări* ale industriei, la cerințele de accelerare a valorificării progresului tehnologic.

Dintre aceste cerințe, una din cele mai importante este *accelerarea trecerii de la concepție la fabricație*, cu alte cuvinte scurtarea la minimum a duratei dintre încheierea fazelor de cercetare-proiectare și începerea producției. Acesta a fost principalul considerent care a dus la dezvoltarea *microproducției pe lîngă institutele de cercetare tehnologică*. Rezultatele pozitive ale acestei acțiuni, desfășurată la noi în țară sub coordonarea C.N.S.T., urmînd exemplul Institutului central de chimie, sînt bine cunoscute, așa încît nu mă voi opri asupra lor. Fapt este că organizîndu-se în

cadrul institutelor compartimente de producție industrială, îndrumate și asistate tehnic direct de cercetătorii care au pus la punct tehnologii noi de înalt nivel, a fost posibil să se satisfacă în termene scurte unele cerințe importante ale economiei și să se facă importante economii de valută. Și-ar găsi aici locul unele exemple, dar nu este cazul, deoarece rezultate bune s-au obținut în toate domeniile, de la utilaj tehnologic la echipamente electronice, de la oțeluri speciale la produse chimice de vîrf, de la noi tipuri de semințe la produse medico-farmaceutice. Noi tehnologii din domeniul prelucrărilor neconvenționale, a tehnicii laser, a tehnicii de calcul, a biotehnologiei (de exemplu) au fost astfel aplicate industrial cu cîțiva ani înainte ca să se fi putut crea condiții de preluare a producției în fabrici specializate. Unele sectoare de microproducție din institute s-au dezvoltat la nivelul de adevărate fabrici cu profil tehnologic de vîrf, păstrînd contactul direct cu laboratoarele de cercetare, precum și o înaltă flexibilitate. În acest context, mi se pare util să subliniez că succesul acestei forme de producție industrială este în mare măsură condiționat de păstrarea intactă a profilului tehnologic de vîrf, de evitarea coborîrii în rutină și a transformării microproducției din instrument pentru valorificarea promptă a rezultatelor cercetării, în mijloc de a acumula rezultate valorice. O formă de structură similară o constituie așa-numitele „întreprinderi de cercetare și producție” care au fost înființate în ultimii ani în cîteva domenii tehnologice de vîrf. Apreciez că ar fi util să se dezbată rezultatele obținute în aceste foarte moderne forme de structuri industriale, tocmai în vederea extinderii condițiilor create pentru promovarea celor doi factori care mi se par esențiali pentru competitivitate: tehnologia avansată și flexibilitatea.

Printre criteriile clasice de amplasare a întreprinderilor industriale, apropierea de sursele de materii prime era unul din cele mai importante. Astăzi, mai ales în domeniile tehnologice de vîrf, acest criteriu are mai puțină valoare. În schimb se ia în considerare *apropierea de sursa de inteligență*. În ultimii ani, în țări avansate industrial, tot mai multe întreprinderi noi, sau sectoare de concepție cu profil de cercetare experimentală și realizare de prototipuri sau unicate, ale unor firme cu cerințe mari de tehnologie nouă, sînt amplasate în imediata apropiere a universităților tehnice. Ținta principală a acestei orientări constă în folosirea cu randament maxim a cadrelor științifice universitare și a know-how-ului științific acumulat în institutele și laboratoarele universitare de specialitate. Se urmărește în principal crearea unor întreprinderi pilot pentru aplicarea tehnologiilor noi, caracterizate prin mare capacitate inovativă și ușor adaptabile. În cadrul lor, universitarii pot participa efectiv la procesul de producție. Putem spune că și în această direcție inițiativa conducerii partidului nostru a avut un caracter creator și anticipativ. Mă refer la înființarea, în imediata apropiere a Politehnicii din București, a Întreprinderii de aparatură și utilaje pentru cercetare, care în puțini ani și-a cîștigat un bun prestigiu. Apreciez că mergînd pe același curs, un număr de astfel de unități, cu profile reprezentative pentru tehnologia actuală, ca: sisteme tehnologice de prelucrare, control și montaj, tehnologie genetică și biotehnologie, electronică profesională, tehnică medicală,

de dimensiuni nu prea mari, amplasate pe lângă universitățile noastre tehnice, ar putea constitui un factor pozitiv pentru dezvoltarea industrială pe linia tehnologiei noi și a flexibilității.

Obiective apropiate urmărește și înființarea, pe lângă platformele universitare, sau în apropierea mai multor unități de cercetare-producție, a unor *centre tehnologice pentru servicii*, având fie profil de cercetare, fie de anumite tehnologii specifice. În primul caz este vorba de laboratoare cu dotări de vîrf, care prestează servicii pentru unitățile de cercetare vecine. În al doilea caz, de ateliere cu dotări specifice pentru realizarea unor echipamente și aparate necesare unităților de cercetare-producție adiacente. Așa de exemplu, în apropierea unei platforme cu profil de biotehnologie, și-ar putea găsi locul o mică întreprindere specializată în producția de bioreactoare și de aparatură conexă. Toate aceste noi tipuri de structuri industriale întregesc imaginea unor *platforme industriale pentru tehnologie înaltă*, care, după modelul marilor noastre platforme industriale, dar cu o infrastructură adecvată, ar asigura posibilități optime din punct de vedere economic și funcțional, pentru amplasarea de unități de cercetare-producție și de alte întreprinderi cu accent pe aptitudini inovative și flexibilitate.

O altă categorie de structuri, caracterizate printr-o mare flexibilitate, o reprezintă cele care sînt orientate asupra *producerii de inteligență*. În opinia celor care se ocupă astăzi de perfecționarea metodelor aplicate în tehnologie își face tot mai mult loc ideea despre necesitatea de a trece, în abordarea problemelor de dezvoltare tehnologică, de la analize bazate pe diviziunea în subprobleme, la examinări global-sistemice, în cadrul cărora să fie cercetat ansamblul procesului, cu succesiunea completă a operațiilor, de la materie primă la utilizare, precum și totalitatea relațiilor cu mediul exterior. Teoria sistemelor și tehnica modernă de calcul și modelare sînt instrumentele acestui mod de abordare. Dar pentru a-l aplica efectiv este nevoie de ingineri de sisteme și de specialiști în software. Nimic mai normal ca să apară structuri industriale specializate în mod corespunzător.

După părerea specialiștilor, *întreprinderile de software* se înmulțesc în ultimul timp cu repeziciune și reprezintă un model al întreprinderilor așa-zise „post-industriale”. De fapt ele sînt o extrapolare la noile cerințe de flexibilitate și o adaptare la noile posibilități ale tehnicilor moderne de prelucrare a datelor, a întreprinderilor clasice de consultanță pentru management și dezvoltare industrială. Dezvoltarea unei astfel de întreprinderi de soft, care de cele mai multe ori pornește cu cîțiva oameni, începe cu consilierat în probleme de cercetare, trecînd apoi la dezvoltări propriu-zise de probleme pentru un cerc specific de beneficiari. În general este vorba de beneficiari cu solicitări tehnologice avansate. Pe măsură ce cîștigă autoritate, întreprinderea abordează un cerc mai larg de beneficiari și trece la dezvoltarea de programe standardizate pentru anumite genuri de utilizări, păstrîndu-și însă capacitatea de a aborda orice problemă specifică. Așa, de exemplu, o astfel de întreprindere a început cu organizarea gestiunii și depozitării materialelor în fabrici, ajungînd mai tîrziu la elaborarea unor programe standard pentru magazine automate.

Pasul următor a fost trecerea la proiectări de soft-ware pentru sisteme flexibile de fabricație, de felul celor descrise, înscriindu-se astăzi printre creatorii unor astfel de sisteme, din cele mai reprezentative.

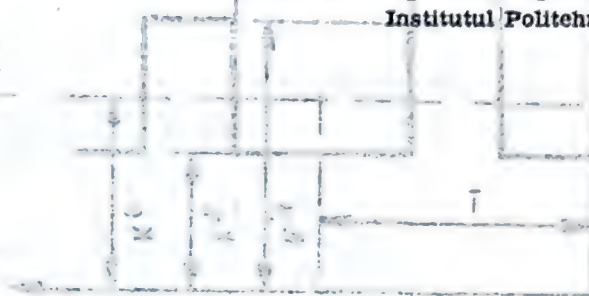
Ingineria de sisteme este organizată în forme industriale foarte diverse, de la compartimente ale unor firme posesoare de tehnologii competitive, la firme independente de *macro-inginerie*. Ea se caracterizează în primul rând prin *polivalența de profil*, sau posibilitatea de a aborda problemele cele mai diverse, de la fabrici de produse alimentare, de exemplu, la săpări de canale sau plantații de eucalipti. În al doilea rând *macro-ingineria* implică *tratarea complexă* a problemelor, de la studiul de fundamentare tehnică și economică, la proiectare, coordonarea execuției, formarea cadrelor, precum și exploatarea pe o perioadă de „rodaj tehnologic”. Atât întreprinderile de software, cit și cele de inginerie de sistem, se afirmă pe plan mondial ca formații industriale caracteristice tendințelor actuale de informatizare progresivă a tuturor activităților umane. Totodată ele își câștigă cu autoritate un rol semnificativ în cadrul structurilor industriale flexibile moderne, de mare eficiență.

6

Identificarea frecvențelor proprii critice la cutiile de viteze ale mașinilor-unelte

Prof. dr. ing. *Mihai Gafițanu*
 Șef lucrări ing. *Barbu Drăgan*
 Asistent ing. *Gheorghe Bodi*

Institutul Politehnic Iași



1. Introducere

Pentru optimizarea dinamică a cutiilor de viteze este necesară cunoașterea spectrului frecvențelor proprii și a frecvențelor de excitație. La sistemele slab amortizate, cum sînt cutiile de viteze cu roți dințate, este necesar să se evite fenomenul de rezonanță, care produce o mărire a forțelor dinamice din angrenare, însoțită de creșterea emisiei de zgomot și reducerea siguranței în funcționare.

În cazul sistemelor de acționare complexe care utilizează cutii de viteze cu trepte multiple, cum sînt cutiile de viteze ale mașinilor-unelte, spectrul frecvențelor proprii și al frecvențelor de excitație prezintă foarte multe vîrfuri, și, din considerente economice, nu se poate asigura condiția primordială a optimizării (neegalitatea frecvențelor proprii cu cele de excitație). De aceea este necesară stabilirea unui criteriu pentru determinarea frecvențelor proprii critice (frecvențe pentru care forțele dinamice care apar în angrenare devin foarte mari).

Determinarea frecvențelor proprii critice se poate realiza cu ajutorul analizei modale.

2. Calculul forței dinamice datorită rigidității variabile a dinților în angrenare

O sursă internă importantă de excitație a angrenajului o reprezintă variația în salturi a rigidității dinților în angrenare, ceea ce face ca la parcurgerea liniei de angrenare să se producă accelerații și decelerații ale roților, care au ca efect generarea de solicitări dinamice, vibrații și zgomot.

Pentru dantura dreaptă cu unghiul de presiune $\alpha=20^\circ$, gradul de acoperire ϵ variază între 1 și 2, ceea ce face ca la începutul și la sfârșitul angrenării, sarcina transmisă să fie repartizată pe două perechi de dinți, iar în rest forța transmisă să fie preluată de o singură pereche de dinți.

Rezultă că rigiditatea totală $K_z(t)$ la angrenajul cilindric cu dinți dreapți prezintă o variație în salturi între valoarea maximă K_M la angrenarea dublă și K_m corespunzătoare angrenării simple.

Dacă se acceptă o variație dreptunghiulară pentru rigiditatea totală a dinților aflați în angrenare (fig. 6.1), atunci se poate calcula rigiditatea medie

$$K_0 = (\epsilon - 1)K_M + (2 - \epsilon)K_m. \quad (1)$$

Cu această aproximație, rigiditatea efectivă $K_z(t)$ se poate dezvolta în serie Fourier sub forma:

$$K_z(t) = K_0 + \frac{2}{\pi} (K_M - K_m) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n}{n} \sin[n\pi(\epsilon - 1)] \cos(n\omega t). \quad (2)$$

Forța perturbatoare internă care apare în angrenare datorită rigidității variabile se poate calcula cu relația

$$F(t) = F_s + F_D(t) = F_s K_0 \left\{ \frac{2 - \epsilon}{K_m} + \frac{\epsilon - 1}{K_M} + \frac{2}{\pi} \left(\frac{1}{K_m} - \frac{1}{K_M} \right) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \sin[n\pi(2 - \epsilon)] \cos(n\omega t) \right\}, \quad (3)$$

în care F_s reprezintă componenta statică a forței de încărcare iar $F_D(t)$ este componenta dinamică.

În cazul cvasistatic, între roata dințată conducătoare și cea condusă apare o mișcare relativă forțată ΔX , mișcare ce corespunde în mod periodic valorii curente variabile a rigidității angrenajului $K_z(t)$.

Dacă se consideră modelul dinamic cu n grade de libertate al unei cutii de viteze avînd r angrenaje și roțile dințate corespunzătoare gradului de libertate j , respectiv $j+1$, se poate scrie legea de mișcare a celor două grade de libertate cu ajutorul relației

$$X_j = \sum_{i=1}^n \left[\frac{\left(\frac{a_j^i}{a_1^i} \right)^2 F_0}{\omega_i^2 M_i} + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\left(\frac{a_j^i}{a_1^i} \right)^2 F_n \sin(n\omega t - \theta_i)}{\omega_i^2 M_i \sqrt{\left[1 - \left(\frac{n\omega}{\omega_i} \right)^2 \right]^2 + \left(2\zeta_i \frac{n\omega}{\omega_i} \right)^2}} \right], \quad (4)$$

$$\text{în care } M_i = \left(\frac{a_1^i}{a_i^i}\right)^2 m_1 + \left(\frac{a_2^i}{a_i^i}\right)^2 m_2 + \left(\frac{a_n^i}{a_i^i}\right)^2 m_n \quad (5)$$

iar a_j^i reprezintă amplitudinea vibrației gradului de libertate j în modul propriu de vibrație i .

Mișcarea relativă dintre roțile j și $j+1$, pentru angrenajul de ordinul S , va fi dată de relația

$$\Delta X_S = X_j - X_{j+1} = \sum_{i=1}^n \left[\left(\frac{\Delta a_j^i}{\omega_i} \right)^2 F_0 + \frac{\left(\frac{\Delta a_j^i}{\omega_i} \right)^2 F_n(t)}{\sqrt{\left[1 - \left(\frac{n\omega}{\omega_i} \right)^2 \right]^2 + \left(2\zeta_i \frac{n\omega}{\omega_i} \right)^2}} \sin(n\omega t - \theta_i) \right] \quad (6)$$

$$\text{unde } (\Delta a_j^i)^2 = \frac{(a_j^i)^2 - (a_{j+1}^i)^2}{(a_1^i)^2 m_1 + (a_2^i)^2 m_2 + \dots + (a_n^i)^2 m_n} \quad (7)$$

Cu aceste considerente teoretice și ținând seama de relația (3), se poate calcula raportul între forța totală care acționează asupra angrenajului de ordinul S și forța statică cu relația

$$\frac{F_{tot}}{F_s} = \frac{K(t) \cdot \Delta X_s}{F_s} = K(t) \sum_{i=1}^n \left(\frac{\Delta a_j^i}{\omega_i} \right)^2 K_0 \left\{ \frac{2-\varepsilon}{K_n} + \frac{\varepsilon-1}{K_M} + \frac{2}{\pi} \left(\frac{1}{K_n} - \frac{1}{K_M} \right) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin[n\pi(2-\varepsilon)]}{n \sqrt{\left[1 - \left(\frac{n\omega}{\omega_i} \right)^2 \right]^2 + \left(2\zeta_i \frac{n\omega}{\omega_i} \right)^2}} \cos(n\omega t - \theta_{ni}) \right\} \quad (8)$$

Pentru $\omega_i = n\omega$ se obține forța dinamică maximă care acționează asupra angrenajului de ordinul S :

$$\frac{F_{tot \max}}{F_s} = K(t) \cdot \sum_{i=1}^n \frac{1}{2\zeta_i} \left(\frac{\Delta a_j^i}{\omega_i} \right)^2 \left\{ \frac{2-\varepsilon}{K_n} + \frac{\varepsilon-1}{K_M} + \frac{2}{\pi} \left(\frac{1}{K_n} - \frac{1}{K_M} \right) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin n\pi(2-\varepsilon)}{n} \cos\left(\omega_i t - \frac{\pi}{2}\right) \right\} \quad (9)$$

În cazul unei cutii de viteze cu r angrenaje se definesc pulsații proprii critice valorile pulsațiilor proprii pentru care suma forțelor dinamice din cele r angrenaje au valori relative mari. Rezultă că valorile pulsațiilor proprii critice sînt date de pulsațiile proprii pentru care expresia

$$E_i = \sum_{j=1}^r \frac{1}{2\zeta_i} \left(\frac{\Delta a_j^i}{\omega_i} \right)^2 \quad (10)$$

are valori relative mari.

Aplicarea acestui criteriu este condiționată de existența unei amortizări proporționale.

În cazul general se poate scrie relația

$$2\zeta_i = \alpha\omega_i + \frac{\beta}{\omega_i} \quad (11)$$

Cercetările experimentale realizate în cazul transmisiilor cu roți dințate au arătat că gradul de amortizare crește aproximativ liniar cu frecvența de excitație și deci în ecuația (11) termenul al doilea poate fi neglijat ($\beta=0$), rezultând

$$2\zeta_i = \alpha\omega_i \quad (12)$$

Cu această ipoteză, criteriul (10) devine

$$E_i = \sum_{s=1}^r \frac{(\Delta a_s^i)^2}{\omega_i^3} \quad (13)$$

3. Identificarea frecvențelor proprii critice la cutia de viteze AF 85

Cercetările teoretice și experimentale pentru identificarea frecvențelor proprii critice au fost realizate pe cutia de viteze AF85, a cărei schemă este prezentată în fig. 6.2.

Pentru calculul frecvențelor proprii și a modurilor proprii de vibrații de răsucire ale cutiei de viteze a fost utilizată metoda matricelor de transfer.

Pentru verificarea calculelor au fost efectuate determinări experimentale pentru identificarea frecvențelor proprii în domeniul de frecvență 20—1 000 Hz. Rezultatele teoretice și experimentale pentru treapta 1 sînt prezentate în tabelul 6.1.

Compararea valorilor calculate ale frecvențelor proprii de torsiune pentru prima treaptă de viteză cu valorile determinate experimental indică o coincidență bună, diferența între valorile calculate și cele măsurate fiind mai mică decît 10%.

În tabelul 6.2 sînt date rezultatele calculului pentru identificarea modurilor proprii de vibrație și a frecvențelor proprii critice pentru aceeași treaptă de viteză. Analizînd valorile obținute rezultă că modurile proprii de vibrație 1 și 3 sînt moduri proprii critice.

4. Concluzii

Deși s-au făcut ipoteze simplificatoare, metoda analizei modale permite calculul suficient de exact a pulsațiilor proprii critice.

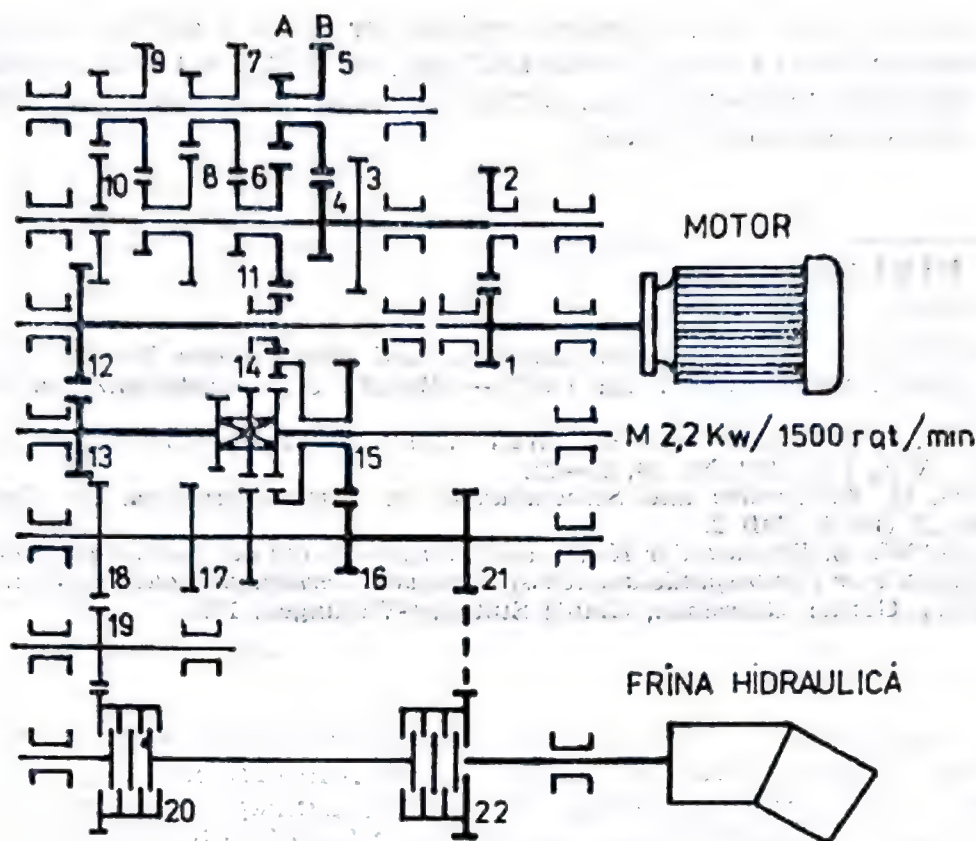


Fig. 6.2.

Tabelul 6.1

Frecvențele proprii ale vibrațiilor torsionale pentru treapta I de viteză

Valori calculate, Hz	Valori determinate experimental, Hz	Eroarea de calcul, %
65,5	68	3,67
197,5	204	3,18
747,3	695	7,52

Tabelul 6.2

Modul propriu i	Frecvența proprie, Hz	$\sum_{s=1}^5 (\Delta \alpha_s^i)^2$	$\frac{\sum_{s=1}^5 \frac{(\Delta \alpha_s^i)^2}{\omega_i^3}}{\sum_{s=1}^5 \frac{(\Delta \alpha_s^1)^2}{\omega_1^3}}$
1	65,5	$2,42 \cdot 10^{-13}$	1
2	197,5	$0,14 \cdot 10^{-13}$	0,0576
3	747,3	$1,164 \cdot 10^{-13}$	0,488
4	1 083,9	$0,011 \cdot 10^{-13}$	0,00456
5	1 445,9	$0,0037 \cdot 10^{-16}$	$1,55 \cdot 10^{-8}$

Criteriul pentru determinarea pulsațiilor proprii critice este util în cazul cutiilor de viteze cu trepte multiple, realizând o reducere substanțială a timpului necesar pentru proiectarea optimă a cutiei din punct de vedere al comportării dinamice.

BIBLIOGRAFIE

1. GOLD, P. Die Berechnung des statischen und dynamischen Verhaltens mehrstufiger Zahnradgetriebe. In: HGF — Bericht 37, Industrieanzeiger Nr. 16, 1974.
2. MÜLLER, R. D. Dynamische Zahnkräfte und Kritische Eigenschwingungen. In: Ind. Anz., 1980, 102, Nr. 54, 20—21.
3. RETTIG, H. Zahnkräfte und Schwingungen in Stirnradgetrieben. In: Konstruktion 17 (1965), Heft 2.
4. WOLFGANG, B. Einfluss der Kenn- und Störgrößen auf das dynamische Verhalten mehrstufiger Hauptspindelantriebssysteme von Werkzeugmaschinen. Technischer Verlag Günter Grossman, GmbH Stuttgart-Vaihingen, 1976.



Figura 1. Schema de principiu a sistemului de transmisie cu trepte multiple.

Tipul de transmisie	Numărul de trepte / Raportul de transmisie	Tipul de transmisie
1	80	1
2	100	2
3	120	3

Tipul de transmisie	Numărul de trepte / Raportul de transmisie	Tipul de transmisie	Tipul de transmisie
1	80	1	1
2	100	2	2
3	120	3	3

Alimentarea automată cu semifabricate a mașinilor-unelte de danturat

Dr. ing. Alexandru Dorin
Ing. Nicolae Predincea
Ing. Adrian Ghionea
Institutul Politehnic București

1. Generalități

Roțile dințate în producția de serie mică și mijlocie se prelucerează pe mașini-unelte de danturat convenționale, la care, de regulă, se consumă un timp mare pentru reglare. Se estimează că timpul de mașină nu depășește 20% din timpul total necesar pentru obținerea piesei finite. Productivitatea prelucrării este de 3...7 ori mai mică, iar costul pe unitatea de produs de 3...4 ori mai mare decât în cazul prelucrării în producția de serie mare și de masă. Pentru mărirea productivității, în producția de serie mică și mijlocie s-au introdus mașinile de danturat cu comandă numerică și sistemele flexibile de fabricație.

În fig. 7.1 este reprezentată sub forma cea mai generală structura organizatorică a unui sistem flexibil de prelucrare a roților dințate. Transferul semifabricatelor din depozitul 6 la mașinile-unelte de danturat și în continuare la celelalte compartimente este asigurat de un sistem de alimentare automată (celelalte notații din figură reprezintă: 1 — compartimentul de lansare a comenzilor; 2 — compartimentul pregătire tehnologică; 3 — compartimentul pentru elaborarea programelor; 4 — dispecerat planificare; 5 — magazie de S.D.V.-uri; 7, 8, 9 — secții de pro-

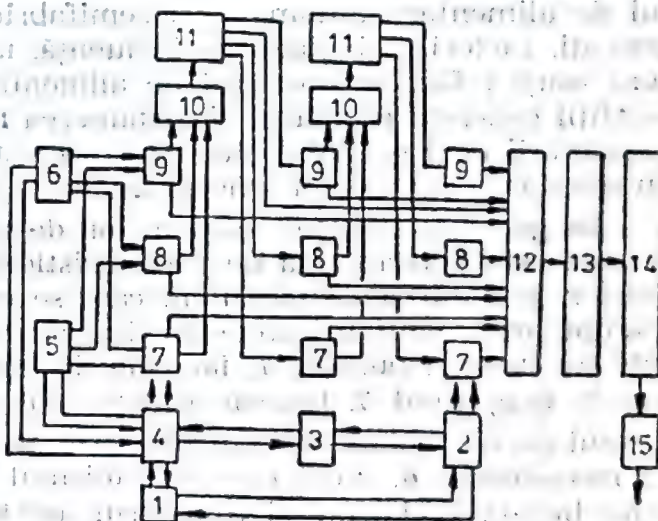


Fig. 7.1. Structură organizatorică a unui sistem flexibil pentru prelucrarea roților dințate.

ducție pentru serie mijlocie, mică și respectiv unicat; 10 — tratament termic; 11 — mașini-unelte pentru alte operații de prelucrare; 12 — spălarea pieselor; 13 — control și marcarea; 14 — conservare și asamblare; 15 — depozit pentru piese).

2. Structura sistemelor de alimentare automată cu semifabricate

Sistemul de alimentare automată cu semifabricate este constituit din totalitatea mecanismelor cu ajutorul cărora se realizează operația auxiliară de alimentare. În cadrul acestei operații, semifabricatele sînt manipulate printr-o succesiune de mișcări elementare (rotații, translații, orientare în poziția dorită, evacuare etc.) dintr-o anumită poziție de depozitare, într-o poziție univoc determinată în raport cu dispozitivul de prindere a semifabricatului pe mașina-unelte.

Prin asocierea, într-un anumit mod, a mișcărilor elementare necesare manipulării semifabricatelor, se constituie fazele operației de alimentare, numite și *funcții elementare de manipulare*. Acestea se referă la: depozitarea (care poate fi dezordonată, parțial ordonată sau ordonată), schimbarea poziției (sortare, rotire, orientare), schimbarea de loc și de direcție (controlul poziției, transfer, divizarea sau concentrarea fluxului de semifabricate), livrarea bucată cu bucată (dozarea), alimentarea, strîngerea și desprinderea semifabricatului din dispozitivul de prindere al mașinii-unelte, evacuarea și depozitarea piesei prelucrate.

Există o multitudine de factori care influențează, cu o anumită pondere, fiecare fază a operației de alimentare și în final structura sistemului de alimentare automată cu semifabricate. În tabelul 7.1 se prezintă, grupați, factorii principali de influență, iar în tabelul 7.2 ponderea acestora asupra fazelor operației de alimentare. Pe baza acestora și a unor condiții concrete (numărul și dispunerea mașinilor-unelte, productivitatea prelucrării etc.) se stabilește structura sistemului de alimentare automată cu semifabricate a cărei schemă bloc este reprezentată în fig. 7.2.

În general, structura sistemelor de alimentare automată cu semifabricate este determinată de caracteristicile și mărimea lotului semifabricatelor, precum și de modul în care se concepe realizarea operațiilor de manipulare. Semifabricatele de dimensiuni mici se depozitează neorientate (a) într-un buncăr, 1, iar cele de dimensiuni mijlocii în depozitul 2 sau în magazinul 3. Buncărul, depozitul sau magazinul constituie mecanismul de acumulare 5. Controlul orientării semifabricatelor se realizează în mecanismul 6, după care mecanismul 7 asigură livrarea semifabricatelor bucată cu bucată și transferul acestora din magazin în mecanismul 8 sau 9. Separatorul 7 aparține magazinului sau alimentatorului 9 sau poate lipsi, funcția sa fiind preluată de alimentator sau de mecanismul de transport 8. Construcția mecanismelor de transport este influențată

Factorii de influență pentru alegerea sistemelor de alimentare automată cu semifabricate

1.	Caracteristicile și comportarea semifabricatului	2. Caracteristicile sistemului de alimentare				3. Locul, poziția axelor de simetrie și starea de mișcare a semifabricatelor înainte și după funcția de alimentare
		2.1.	Timpul ciclului de alimentare	2.9	Capacitatea de înmagazinare	3.1.
1.1.	● forma,	2.1.		2.9		
	● dimensiuni	2.2.	N număr de bucăți prelucrate	2.10	Posibilitatea de modularizare	3.2.
	● raport între dimensiuni	2.3.	Mărimea și accesibilitatea spațiului din zona de așchiere	2.11	Utilizarea unui magazin tampon	3.3.
1.2.	● masa	2.4.	Acționarea și comanda sistemului de alimentare	2.12	Lungimea și diferența de nivel a căii de transport	3.4.
	● natura materialului	2.5.	Natura acționării	2.13	Locul și poziția axei semifabricatului în dispozitivul de strângere al mașinii-unelte	3.5.
	● starea suprafețelor	2.6.	Precizia de montaj	2.14	Grad de universalitate	
1.3.	● rigiditatea	2.7.	Întreținere și fiabilitate			
	● stabilitatea poziției	2.8.	Alcătuirea stocului de semifabricate			
	● poziția centrului de greutate					
	● capacitatea de rostogolire					
	— alunecare					
	— depozitare					
	— suspendare					

4. Caracteristicile producției și mașinilor-unelte

Caracteristicile producției				Caracteristicile semifabricatelor de revoluție						Caracteristicile mașinilor-unelte		
Lot minim [buc.]		Timp de prelucrare (tp) min		Nivel de sincronizare tp		$\frac{L}{D}$	Masa [kg]	Diametrul D [mm]	Lungimea L [mm]	Clasa de precizie a prelucrării	Poziția axei arborelui principal	Possibilitățile de alimentare cu semifabricate
4.1	<500	<1		≈ 1		0,8	0,1	<10	<50	< V	orizontală	transversant
4.2	500...1000	1...4		multiplu de tip		0,8 1,5	0,1...1	10...20	50...100	V... VIII	verticală	netransversant
4.3	1000...2000	4...8		variabil		>1,5	1...6	20...50	100...200	VIII... XI		
4.4	2000...10000	8...15					6...20	50...100	200...500	XI		

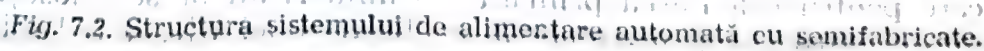
de forma, mărimea, greutatea și poziția semifabricatelor în timpul transportului și de distanța dintre magazin și alimentator. Alimentatorul 9 își execută funcția într-o singură fază, 10 (cu program rigid), sau în mai multe faze, 11 (cu program flexibil). Alimentatorul cu funcționarea în mai multe faze este de tip manipulator sau robot industrial. Acesta realizează transportul semifabricatului într-o poziție de așteptare, de unde un alt mecanism (9 sau 12) îl transferă mecanismului de strângere și desfacere 13, adică în locul unde i se face prelucrarea. Din acest mecanism piesa este extrasă, 15, și transferată unui mecanism de evacuare, 16, care o transportă într-un post de control final, 18, sau într-un depozit de piese finite, 20, și apoi este trimisă la tratament termic sau la montaj, 22. Dacă piesa mai necesită prelucrări este transportată în posturile 19 și apoi în 21, de unde este dirijată la o altă mașină-unelte, 17. Celelalte notații din fig. 2 se referă la: 12 — mecanism de avansare a semifabricatului; 14 — mecanism pentru schimbarea poziției; 19 — mecanism de control interoperațional; 21 — depozit de piese-semifabricat.

În schemele sistemelor de alimentare automată se folosesc simboluri specifice de reprezentare date în tabelele 7.2 și 7.3.

În cazul prelucrării roților dințate, acestea se pot clasifica după forma semifa-

PONDEREA FACTORILOR DE INFLUENȚĂ ASUPRA FAZELOR OPERAȚIEI DE ALIMENTARE












☒ important ☐ mai puțin important - fără importanță



fabricatului în piese de tip disc și în piese de tip arbore. În fig. 7.2 au fost prezentate valorile diametrelor maxime și numărul de bucăți dintr-un lot de fabricație pentru cele mai uzuale tipuri de roți dințate întâlnite în construcția de mașini.

Tabelul 7.3

SIMBOLURILE FOLOSITE ÎN REPREZENTAREA SISTEMELOR DE ALIMENTARE AUTOMATĂ CU SEMIFABRICATE

Simbol	Semnificație
M U	mașina-unealtă
S	sculă
M _g , M _{gt}	magazin gravitațional cu mișcare de transfer
M _p	magazin de piese
M _L	mecanism de livrare
L	alimentare
T _M	transfer între mașini unelte
	post de lucru
	introducerea semifabricatului
	evacuarea piesei
	semifabricat
	stadii de prelucrare a semifabricatului
	piesa
	traseul semifabricatului
	traseul piesei
	mecanism de transfer intermediar
	mișcare de transport continuă
	mișcare de transport intermitentă

3. Cerințe impuse magazinelor pentru semifabricate

Ca mecanism de depozitare sau de acumulare a semifabricatelor orientate, magazinul are implicații hotărâtoare asupra structurii și caracteristicilor tehnico-economice ale sistemului de alimentare. Ca urmare, magazinul de depozitare a semifabricatelor trebuie să răspundă unor numeroase cerințe prezentate sintetic în fig. 7.3. Pe baza acestora și a analizei factorilor de influență asupra funcției de depozitare (v. tabelele 7.1 și 7.2) se poate face sinteza mecanismului de depozitare de tip magazin (v. și tabelul 7.4). În continuare, pentru exemplificare, sînt prezentate cîteva sisteme de alimentare automată cu semifabricate specifice mașinilor de danturat. Așa de exemplu, la mașinile de danturat pentru mecanică fină, depozitarea semifabricatelor se poate face într-un buncăr, 1 (fig. 7.4), caz în care pentru orientarea primară a semifabricatelor se folosește un mecanism de extragere și orientare 2, de forma unei tije, avînd mișcare

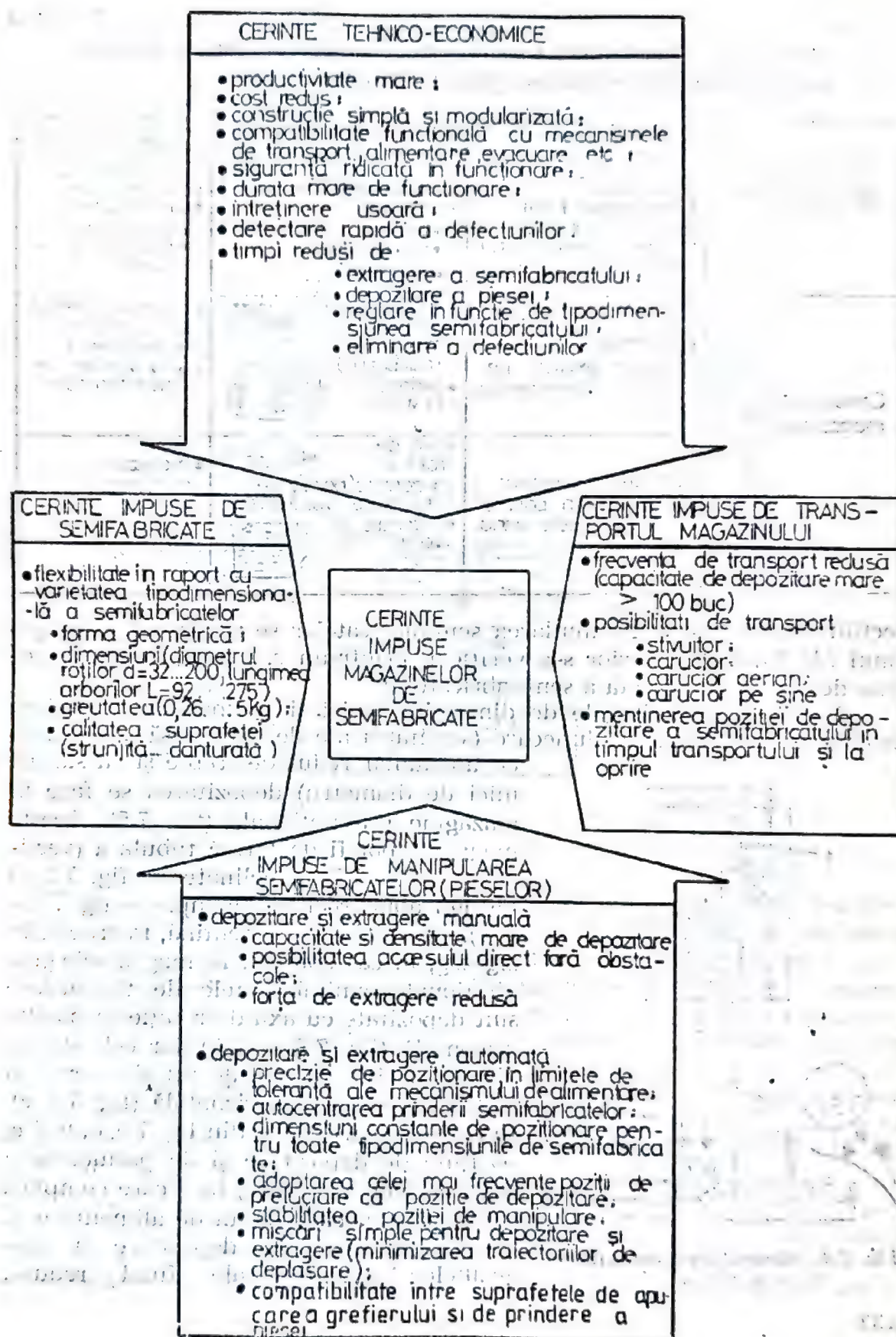
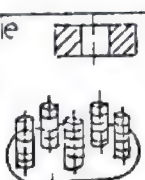


Fig. 7.3. Cerințe impuse magazinelor de semifabricate.

Tabelul 4

CRITERII DE CLASIFICARE A MAGAZINELOR DE SEMIFABRICATE PENTRU ALIMENTAREA AUTOMATĂ A MAȘINILOR DE DANTURAT

Criterii de organizare a semifabricatelor în magazin		Prinderea semifabricatelor	Ordonarea semifabricatelor	Fluxul semifabricatelor în magazin
		<ul style="list-style-type: none"> pe contur prin contact forțat prin autocentrare cu prindere interioară / exterioară 	<ul style="list-style-type: none"> poziția axei de rotație ordonare <ul style="list-style-type: none"> în linie pe suprafață în volum 	<ul style="list-style-type: none"> fără mișcare cu mișcare <ul style="list-style-type: none"> gravitațională prin forță exterioară
Construcția magazinului	semifabricate de tip disc	<ul style="list-style-type: none"> prinderea în alezaje centrate pe dornuri interschimbabile 	<ul style="list-style-type: none"> axa de rotație verticală (poziția cea mai sigură) ordonare în volum 	<ul style="list-style-type: none"> magazin tambur cu acționare <ul style="list-style-type: none"> intermitentă cu stivuror de semifabricate
	semifabricate de tip arbore	<ul style="list-style-type: none"> prinderea capetelor de arbori în prisme cu deschidere variabilă 	<ul style="list-style-type: none"> axa de rotație orizontală (poziție de prelucrare mai frecventă) ordonare în volum 	<ul style="list-style-type: none"> magazin acționat prin lanț

rectilinie alternativă. Acumularea semifabricatelor se realizează în magazinul M, după ce anterior s-a verificat, printr-un mecanism specific, poziția de orientare corectă a semifabricatului.

Pentru semifabricatele de dimensiuni mici și mijlocii care prezintă proprietăți de rulare și alunecare (semifabricate de tip flanșă sau arbore cu un număr redus de trepte și cu salturi mici de diametru) depozitarea se face în magazine gravitaționale (fig. 7.5). Aceste magazine pot fi de formă tubulară (verticale — fig. 7.5, c; înclinate — fig. 7.5, d) sau jgheaburi rectilinii (simple — fig. 7.5, a și e), elicoidale, în serpentină, în trepte, în zig-zag, în cascadă etc. În magazinele gravitaționale semifabricatele de tip arbore sînt depozitate cu axa de rotație în poziție orizontală (fig. 7.5, a și b), iar cele de tip disc în poziție cu axa de rotație verticală (fig. 7.5, c și d) sau orizontală (fig. 7.5, e). În cazul construcțiilor din fig. 7.5, a, b și e, pozițiile de depozitare și de prelucrare a semifabricatelor diferă, fapt care complică cinematica mecanismului de alimentare L.

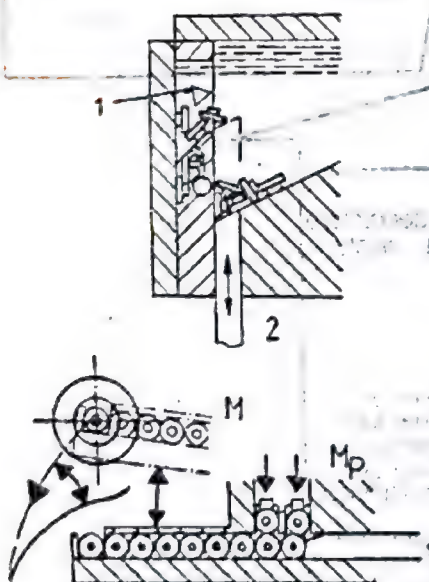


Fig. 7.4. Alimentarea cu semifabricate din bușcă.

Capacitatea de depozitare a magazinelor gravitaționale fiind redusă,

acestea răspund unei producții de serie mică. Pe de altă parte, sistemul de alimentare este caracterizat de existența unui program rigid, fiecare dintre funcțiile de manipulare fiind, în general, realizată de un mecanism cu funcție distinctă: mecanisme de divizare sau de concentrare a fluxului de semifabricate, mecanisme de livrare (M_L), mecanisme de alimentare (L), mecanisme de evacuare a pieselor prelucrate, magazine de depo-

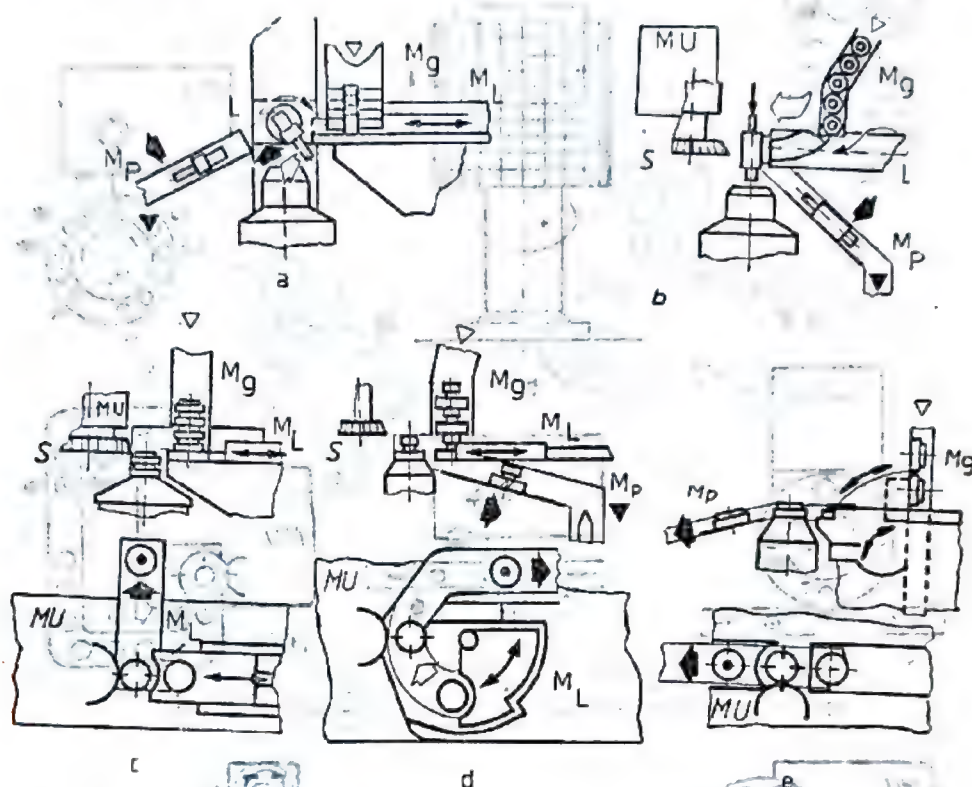


Fig. 7.5. Alimentarea cu semifabricate din magazine gravitaționale.

zitare a pieselor (M_P). Mecanismul de transport lipsește, semifabricatele în poziție de așteptare fiind în imediata apropiere a zonei de așchiere.

În fig. 7.6 și 7.7 sînt reprezentate sisteme de alimentare care au în structură magazine cu mecanism de transport. De această dată, cinematica și construcția magazinelor sînt complexe, întrucît acestea cumulează mai multe funcții de manipulare: de depozitare a semifabricatelor, de transport, de livrare, de depozitare a pieselor prelucrate și uneori chiar de alimentare (fig. 7.6, f și g). Acestea pot fi în general: magazine disc cu mișcare de rotație (fig. 6, a, b și c și fig 7.7, a), magazin de tip bandă transportoare (fig. 6, d, e), magazine acționate prin transmisie cu lanț (fig. 7.6, f, g și h și fig. 7.7, b).

Mecanismul de alimentare cumulează și funcția de evacuare a pieselor prelucrate. Funcția de alimentare se poate realiza într-o singură fază sau în mai multe faze. În primul caz, mecanismul de alimentare are o cinematică simplă, fiind, în general, de formă unui disc cu mișcare de

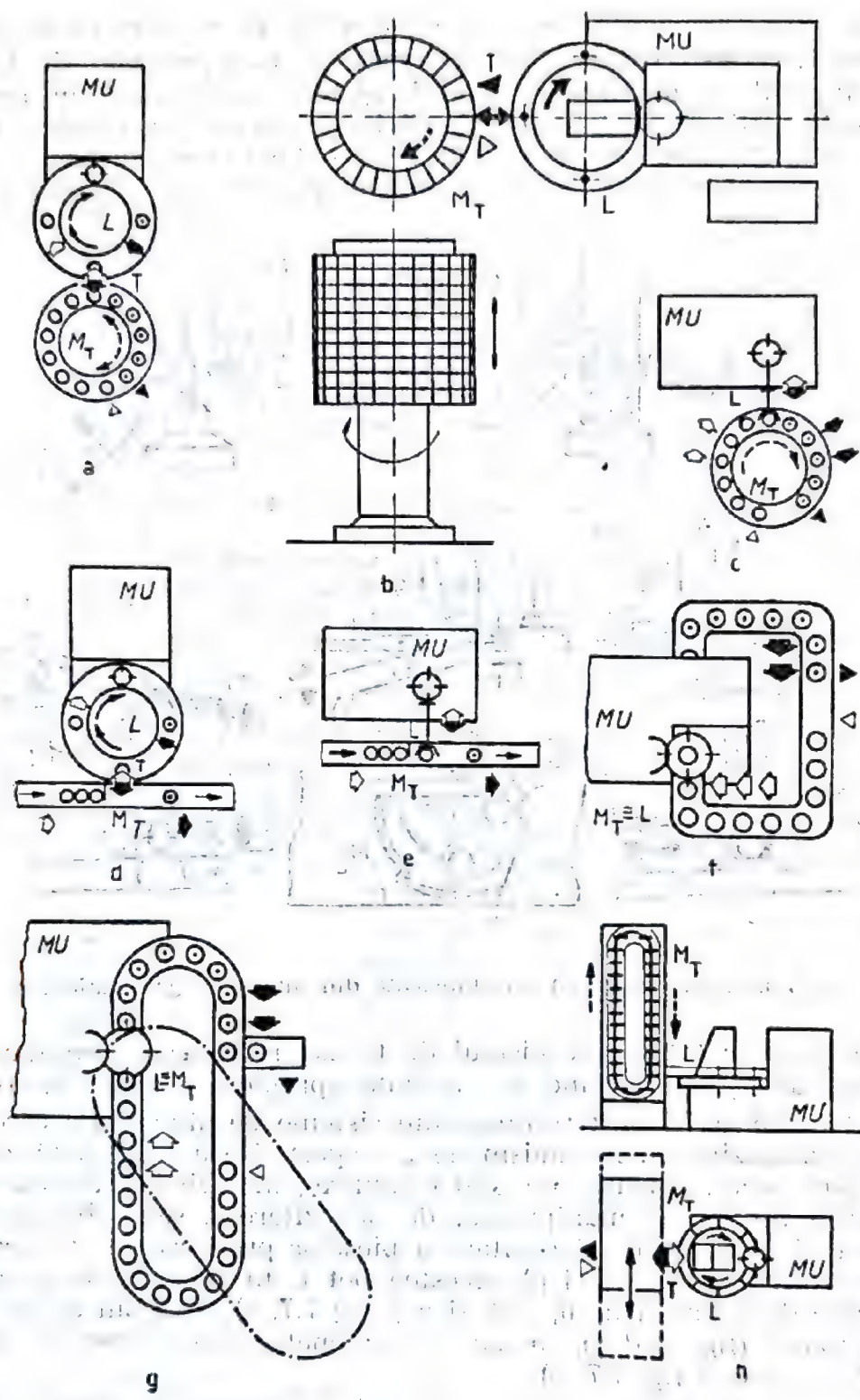


Fig. 7.6. Alimentarea cu semifabricate din magazin cu mecanism de transport.

rotație (fig. 7.6, a, b și d) sau funcția sa este realizată de magazin (fig. 7.6, f și g). La magazinele de tip disc etajate (fig. 7.6, a și b) sau elicoidale, bandă transportoare (fig. 7.6, d) sau acționate prin lanț dispuse în plan vertical (fig. 7.7, h) între magazin și mecanism de alimentare se află un mecanism de transfer intermediar T . Alimentarea în mai multe faze se poate realiza cu manipuloare atașate mașinii-unelte (fig. 7.6,

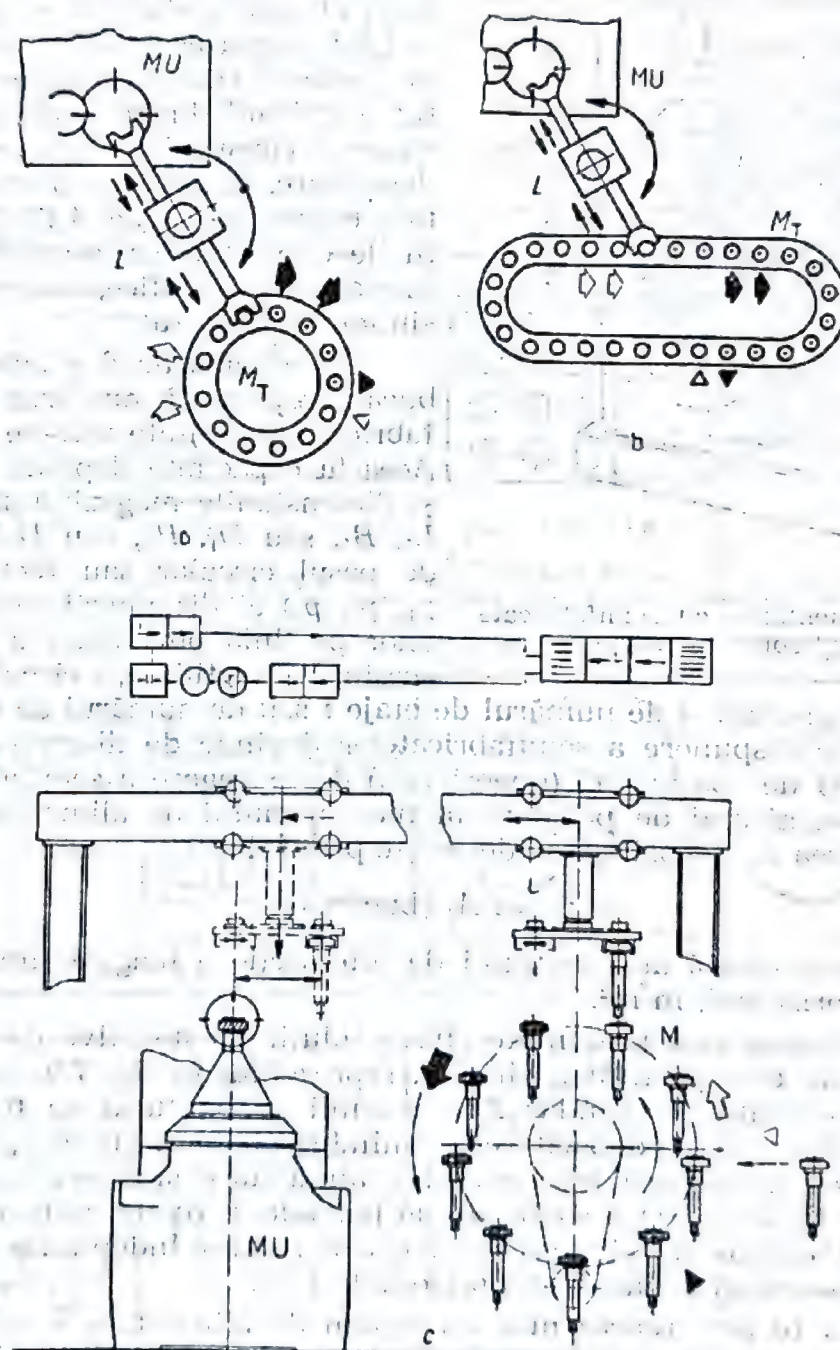


Fig. 7.7. Alimentarea cu semifabricate folosind manipulator.

c și e) sau neatașate (fig. 7.7) sau cu roboți industriali atașați mașinii-unelte (fig. 7.8) sau nu.

Magazinele cu mecanism de transport au, în general, o capacitate de depozitare corespunzătoare unei producții de serie mijlocie.

Din cele expuse, se poate concluziona că magazinele, prin rolul lor funcțional în cadrul sistemului de alimentare, au ponderea cea mai în-

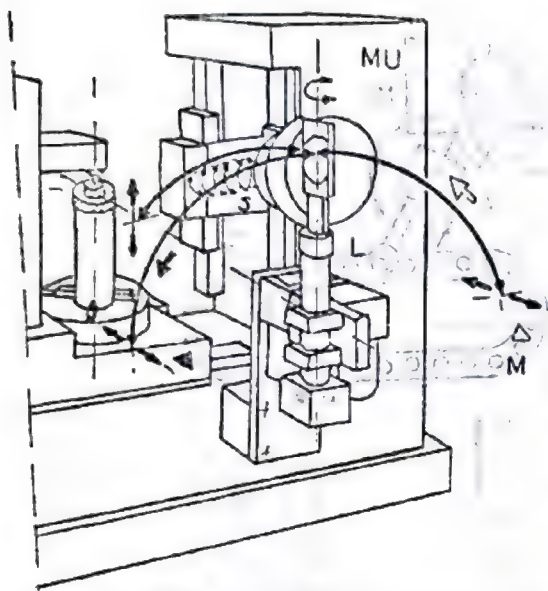


Fig. 7.8. Alimentarea cu semifabricate folosind robot industrial.

semnată asupra dimensiunilor de gabarit ale întregului sistem. De aceea, la proiectarea acestora trebuie avute în vedere cerințele prezentate în fig. 7.3. Unul dintre parametrii constructivi constituindu-l capacitatea de depozitare, în tabelul 7.5 sînt prezentate expresiile capacității și densității de depozitare a semifabricatelor în magazine specifice, în general, mașinilor de danturat.

Capacitatea de depozitare z , în bucăți, reprezintă numărul de semifabricate depozitate într-un magazin. Această capacitate depinde de forma și dimensiunile magazinului (D_1 sau L_1 , B_1 , sau D_1 , H_1 , sau D_1 , H_1 , H_2), de pasul circular sau rectiliniu (p , p_1 , p_2 , p_3) al dispunerii semifabricatelor pe linia purtătoare a centrelor acestora (rectilinie, circulară sau

combinată), precum și de numărul de etaje i sau de numărul de rînduri i_1 .

Pasul de dispunere a semifabricatelor depinde de diametrul maxim al piesei d și de spațiul t_{xt} (uneori t_{xt1}) de extragere a semifabricatului de către mecanismul de prindere al mecanismului de alimentare.

Densitatea de depozitare se definește prin relația:

$$\rho_M = z/A_t \text{ [buc/m}^2\text{]},$$

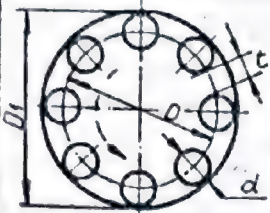
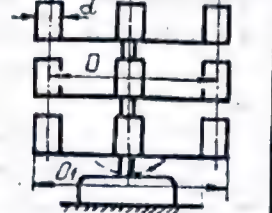
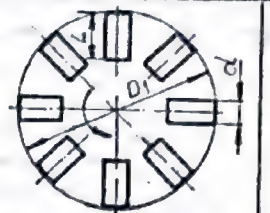
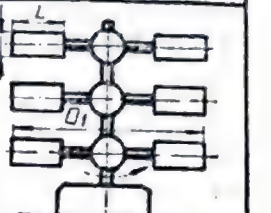
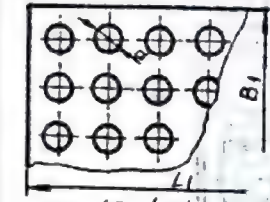
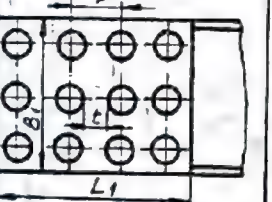
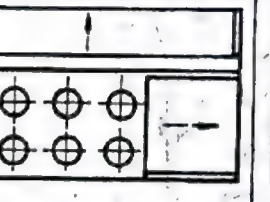

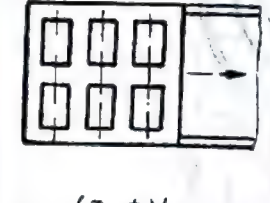

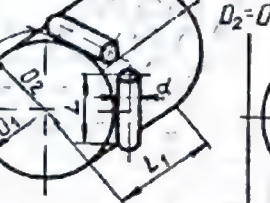
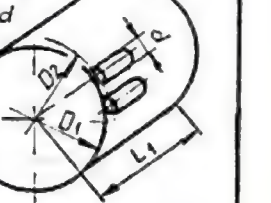
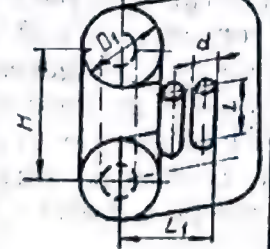
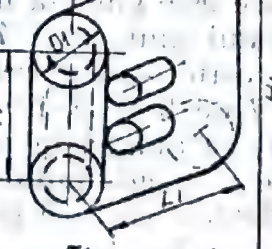
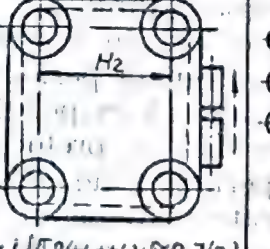
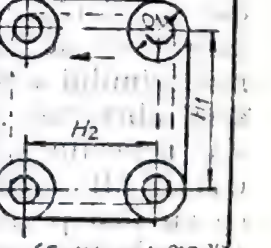
în care A_t reprezintă aria secțiunii de intersecție a magazinului încărcat cu un plan orizontal, în m^2 .

În continuare sînt prezentate cîteva soluții constructive de magazine cu mișcare de transport. Magazinul 1, reprezentat în fig. 7.9, este dispus în jurul montantului secundar 2 al mașinii de danturat cu freză melc, îndeplinind funcțiile de depozitare a semifabricatelor și pieselor, transport, livrare (datorită mișcării intermitente), alimentare și evacuare. Semifabricatele de tip disc 3 sînt susținute de paletele 4, fixate de transportorul cu lanț 5. Funcțiile de alimentare și evacuare sînt îndeplinite prin bascularea magazinului în jurul axei orizontale $I-I$.

În fig. 7.10 este reprezentat un sistem de alimentare a unei mașini de danturat cu freză melc. Magazinul M (fig. 7.10, a) este de tip tambur dispus în apropierea batiului mașinii-unelte. Transferul semifabricatelor

CAPACITĂȚILE DE DEPOZITARE A MAGAZINELOR DIN SISTEMELE DE ALIMENTARE AUTOMATĂ A MASINILOR DE DANTURAT

Tabelul 7.5

1 MAGAZINE DISC (cu mișcare de rotație)			
semifabricatele dispuse axial		semifabricatele dispuse radial	
pe un rînd	pe mai multe rînduri	pe un rînd	pe mai multe rînduri
 $z \leq 180^\circ / \arcsin(p/D_1)$ $P_M = 4z/\pi D_1^2$	 $z \leq 180^\circ / \arcsin(p/D_1)$ $P_M = 4zL/\pi D_1^2$	 $z \leq 180^\circ / (\alpha + \gamma)$ $P_M = 4z/\pi D_1^2$	 $z \leq 180^\circ L / (\alpha + \gamma)$ $P_M = 4zL/\pi D_1^2$
2 MAGAZINE PALETA (semifabricatele dispuse vertical)		3 Magazine	
mobile pe o direcție	mobile pe două direcții	mobile pe două direcții	fixe
 $z \leq L_1 (B_1 - t) / p$ $P_M = z/L_1 B_1$	 $z \leq L_1 (B_1 - t) / p$ $P_M = z/B_1 (2L_1 - t - p)$	 $z \leq L_1 (B_1 - t) / p$ $P_M = z/(2L_1 - t - p)(2B_1 - t - p)$	 $z \leq L_1 (B_1 - t) / p$ $P_M = z/L_1 B_1$
PALETA I semifabricatele dispuse orizontal		4 MAGAZINE TAMBUR	
mobile pe o direcție	mobile pe două direcții	semifabricatele dispuse pe directoare sau generatoare	
 $z \leq L_1 (B_1 - t) / p$ $P_M = z/B_1 (2L_1 - t - p)$	 $z \leq L_1 (B_1 - t) / p$ $P_M = z/(2L_1 - t - p)(B_1 - t - p)$	 $z \leq L_1 [180^\circ / (\alpha_1 + \gamma_1)]$ $P_M = z/[L_1 (D_2^2 + L^2)^{1/2}]$	 $z \leq L_1 (180^\circ / \alpha_2)$ $P_M = z/L_1 D_2$
5 Magazine acționate prin transmisie cu lanț			
 $z \leq L_1 [2(H_1 + \pi D_1) / p_2]$ $P_M = z/L_1 [(D_2 + L)^{1/2}]$	 $z \leq L_1 [2(H_1 + \pi D_1) / p_3]$ $P_M = z/L_1 D_2$	 $z \leq L_1 [2(H_1 + \pi D_1) / p_3]$ $P_M = z/L_1 [(D_2 + L)^{1/2} + H_1]$	 $z \leq L_1 [2(H_1 + \pi D_1) / p_3]$ $P_M = z/L_1 (H_1 D_2)$
$p = d + t$; $D = D_1 - d$; $\alpha = \arctg\{d/2[D_1^2 - d^2]^{1/2} - L\}$; $\gamma = \arcsin\{t/2[0,25D_1^2 + L^2 - L(D_1^2 - d^2)^{1/2}]\}$; $p_1 = L + t$; $B_1 = p(B_1 - t - p)/p$; $\alpha_1 = \arctg(L/D_1)$; $\gamma_1 = \arcsin[t/(D_1^2 + L^2)^{1/2}]$ $L_1 = (L_1 - t)/p$; $D_3 = D_1 + \alpha$; $\alpha_2 = \arcsin(t/D_3)$; $p_2 = 0,01745 D_1 (\alpha_1 + \gamma_1)$; $p_3 = 0,01745 D_3 d_2$			

din magazinul *M* în alimentatorul *L* este realizat de un mecanism de transfer intermediar reprezentat în fig. 7.10, *b* și *c*.

Magazinul *M* are 14 posturi 1 pentru depozitarea atât a semifabricatelor de tip disc, cât și a roților dințate prelucrate. Semifabricatele *S*, și piesele prelucrate *P* sînt ordonate pe arborii 2, cu axa verticală, care sînt introduși în bușele 3, pe care se reazemă cu umărul 4. La rîndul

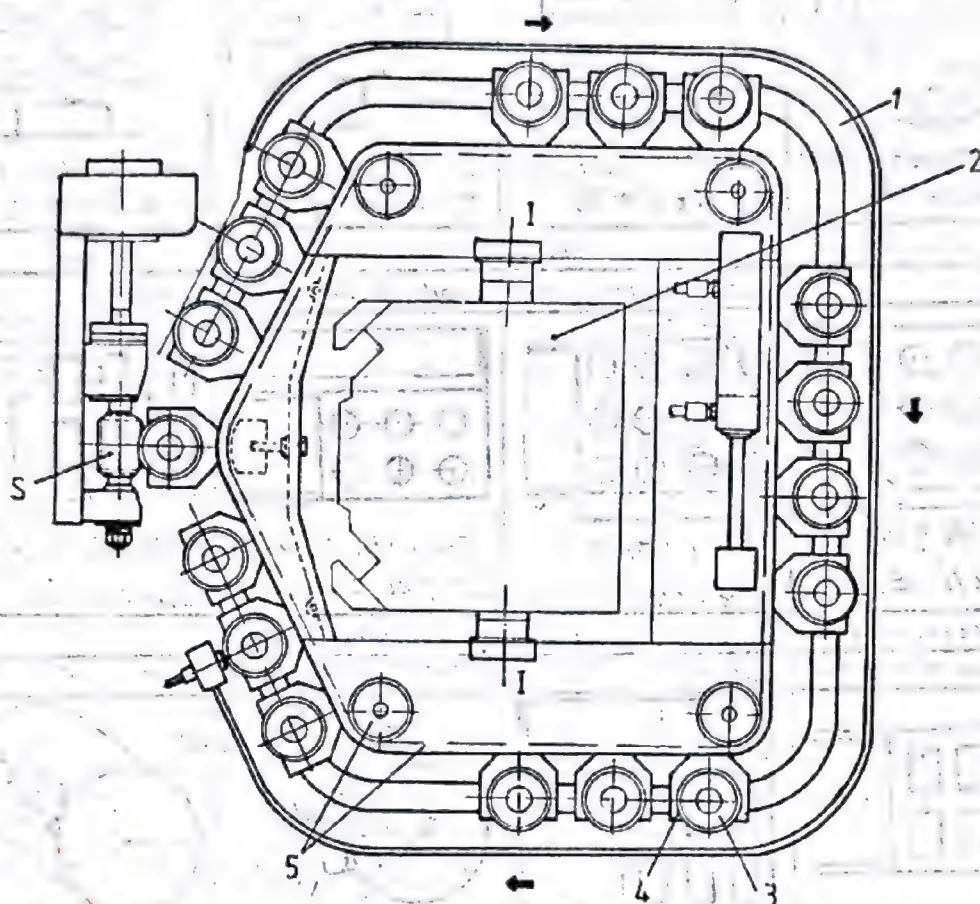


Fig. 7.9. Schema de principiu a unui magazin pentru semifabricate utilizat la o mașină de danturat cu freză melc.

lor, bușele 3 sînt montate în placa de bază 5 a magazinului *M*, placă ce este solidară cu coroana dințată 6, care este ghidată în lateral și în partea inferioară de rolele 8. Prin intermediul pinionului 7, coroana dințată a magazinului este antrenată periodic, astfel că arborele pe care se găsesc semifabricatele să ajungă în poziția *I* de livrare, iar arborele pe care se vor depozita roțile dințate prelucrate să ajungă în poziția *II* — de evacuare. Mișcarea periodică de rotație a magazinului se realizează după ce au fost prelucrate toate semifabricatele care se găseau pe arborele 2, plasat la un moment dat în poziția *I*.

Deplasarea semifabricatelor pe arborele 2 în sus și, respectiv, a roților dințate prelucrate în jos se face cu ajutorul unor furci de ridicare 9

și, respectiv, de coborîre 10, plasate pe cărucioarele 11 și 12, care se deplasează prin intermediul unui mecanism șurub-piuliță. Pe desen apar șuruburile 13 și 14. Pentru deplasarea cărucioarelor 11 și 12 sînt antrenate în mișcare de rotație șuruburile 13 și 14 prin intermediul roților melcate 15 și 16, care angrenează cu melcul 17. Acesta este antrenat printr-o transmisie cu cureaua D_1/D_2 de la motorul electric M_E . Furcile 9 și 10 au o mișcare de translație conform săgeții (v. fig. 7.10, c) realizată prin intermediul cilindrilor hidraulici 18 și 19. Mărimea cursei acestora este controlată cu ajutorul unor microlimitatoare nefigurată în desen. Furcile 9 și 10 deplasează doi suportți (glisanți pe arborii 2) pe care se depozitează semifabricatele și respectiv roțile dințate. Cei doi suportți avînd forma unui bloc balador se compun din discul inferior 20" bucșa de legătură 20 și discul superior 20'. Limitatorul de cursă 21 sesizează poziția

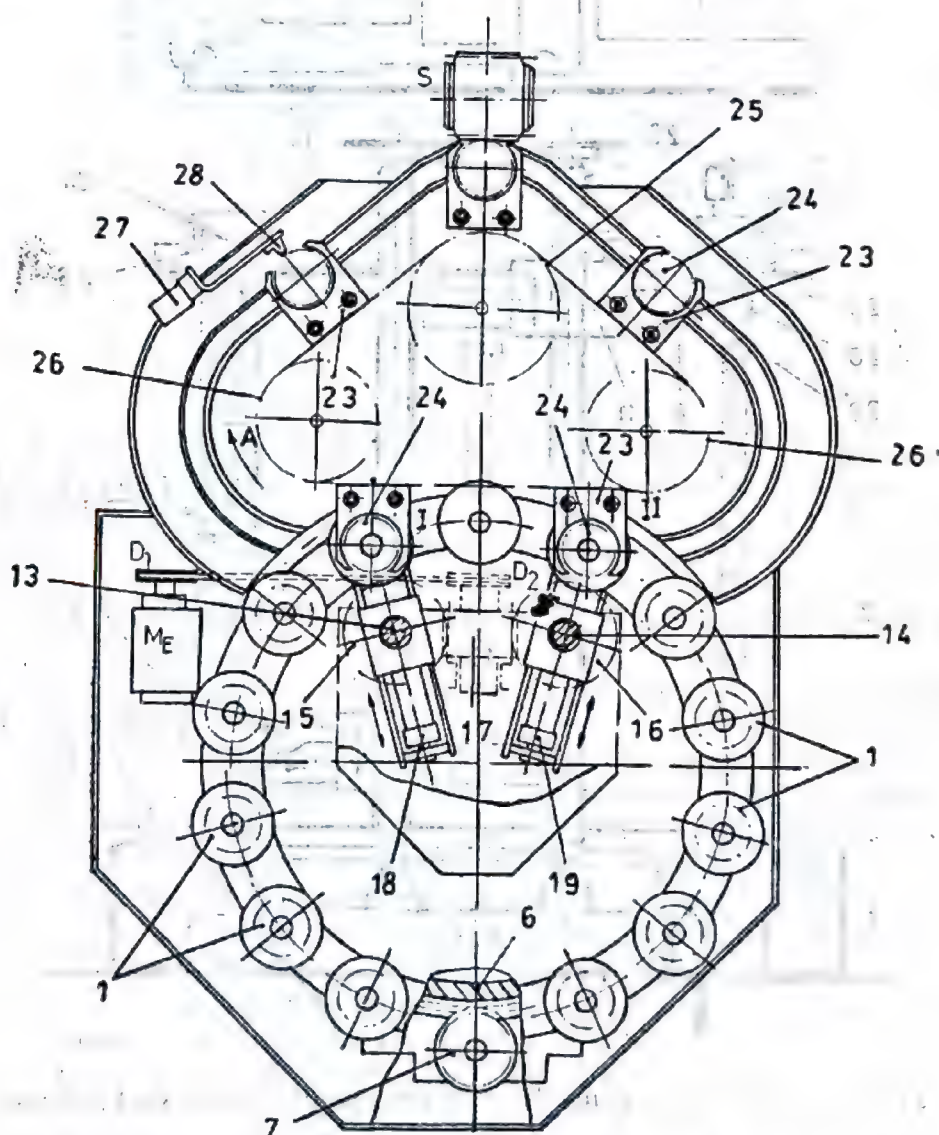


Fig. 7.10. Magazin și alimentator pentru semifabricate de tip disc.

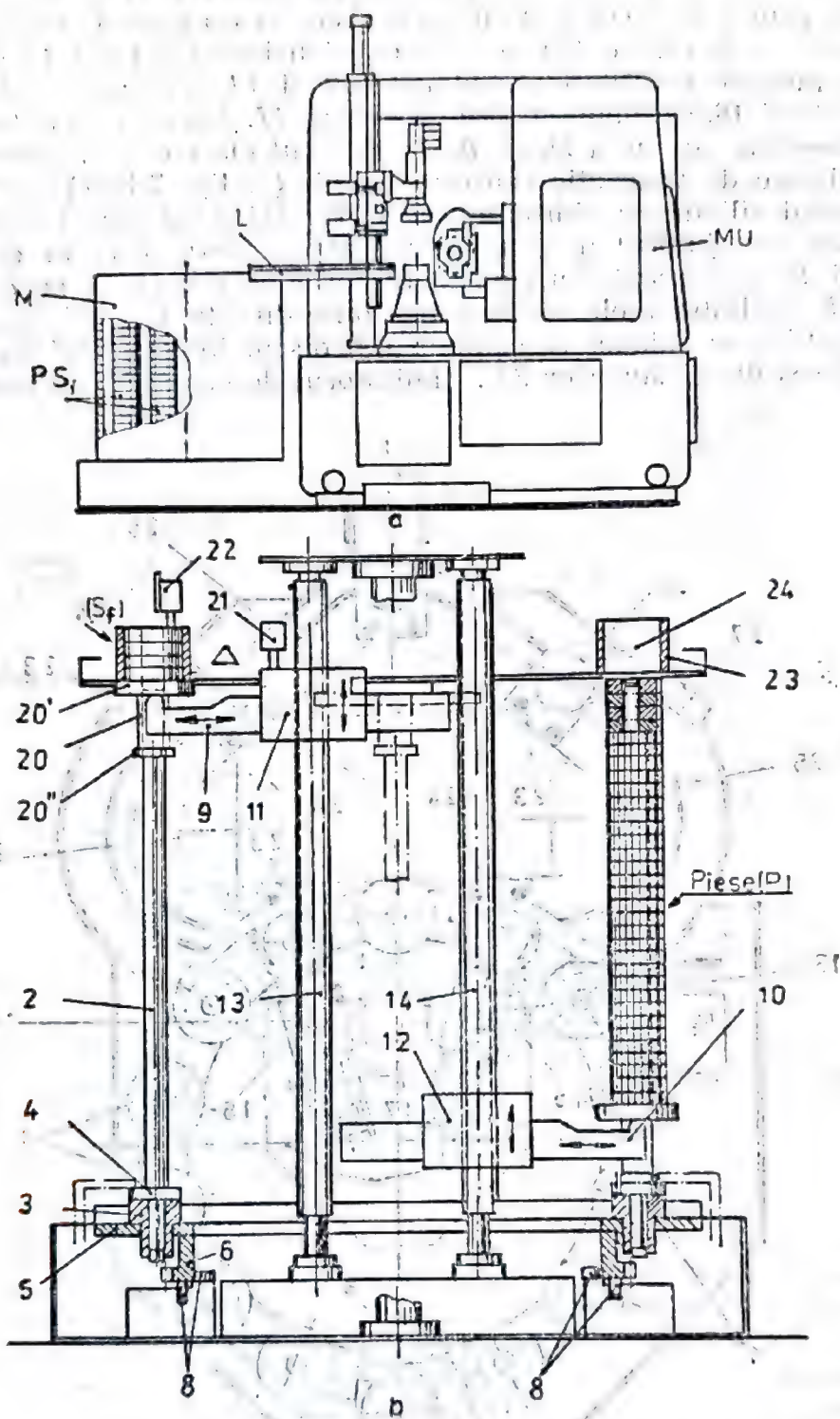


Fig. 7.10. Magazin și alimentator pentru semifabricate de tip disc.

limită superioară a căruciorului 11 cînd și ultimul semifabricat a fost adus în postul de livrare I.

Conform desenului, în paletele 23 sînt înmagazinate pentru prelucrare simultană un număr de patru semifabricate. Numărul de semifabricate care trebuie extras din magazin, în vederea prelucrării simultane, și care sînt poziționate în caseta 23 se controlează cu ajutorul microlimi-

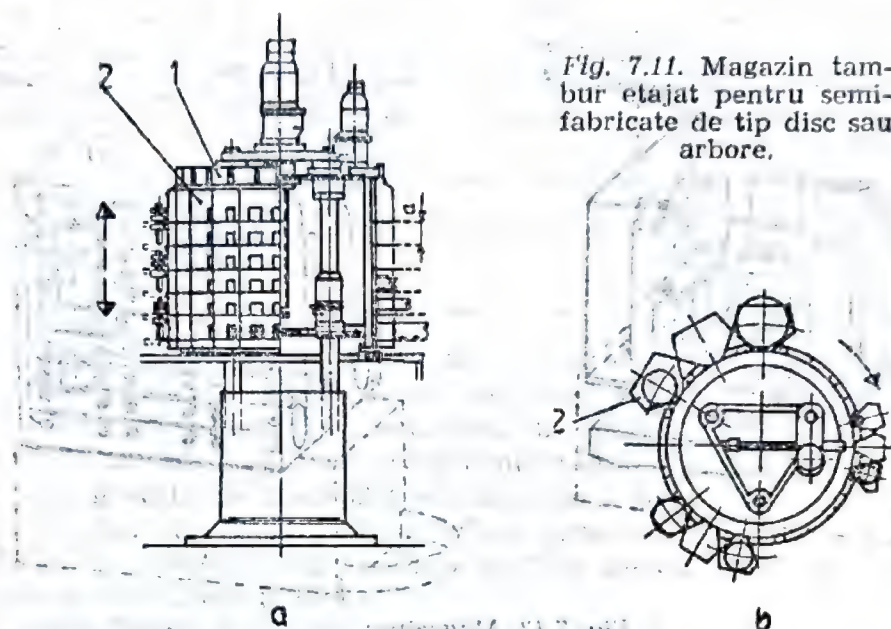


Fig. 7.11. Magazin tambur etajat pentru semifabricate de tip disc sau arbore.

tatorului 22, reglabil. Paletele 23 sînt fixate de transportorul cu lanț 25, antrenat și ghidat de roțile de lanț 26 în sensul indicat de săgeata A. Paletele 23 sînt schimbabile, mărimea locașului cilindric 24 depinzînd de diametrul semifabricatelor. Limitatorul de cursă 27, acționat de pîrghia palpatoare 28 dă comanda pentru acționarea intermitentă a sistemului de alimentare în momentul în care prin dreptul pîrghiei palpatoare trece o paletă plină sau goală.

Un alt tip de magazin este reprezentat în fig. 7.11. Prin construcția sa acesta poate înmagazina semifabricate de tip arbore (max 150 buc) sau de tip disc (max 450 buc și diametrul max 280 mm). Tamburul 1 este prevăzut cu șase etaje în care semifabricatele sînt așezate prin intermediul unor casete 2, avînd forma corespunzătoare formei și dimensiunilor semifabricatului (fig. 7.11, b). Tamburul 1 se rotește intermitent cu un pas unghiular. După extragerea semifabricatelor de pe un etaj, acesta se ridică cu un anumit pas corespunzător poziției de alimentare, a, cu semifabricate de pe etajul următor. Transportul semifabricatelor din magazin în postul de lucru al mașinii de danturat se realizează prin intermediul unui alimentator (v. fig. 7.6, b).

În fig. 12, a și b sînt prezentate magazine pentru depozitarea semifabricatelor în formă de disc (a) și de arbore (b). Semifabricatele de tip disc sînt ordonate vertical. Pe fiecare arbore se pot așeza minimum 10 semifabricate. În cazul semifabricatelor de tip arbore acestea sînt ordo-

nate cu axa orizontală pe un sistem de prisme acționate printr-un mecanism cu lanț.

Deplasarea magazinului în conformitate cu procesul tehnologic prezentat în fig. 7.14 se realizează manual sau automat pe o cale cu șină.

Magazinele prezentate în figurile anterioare corespund cerințelor enumerate în fig. 7.3.

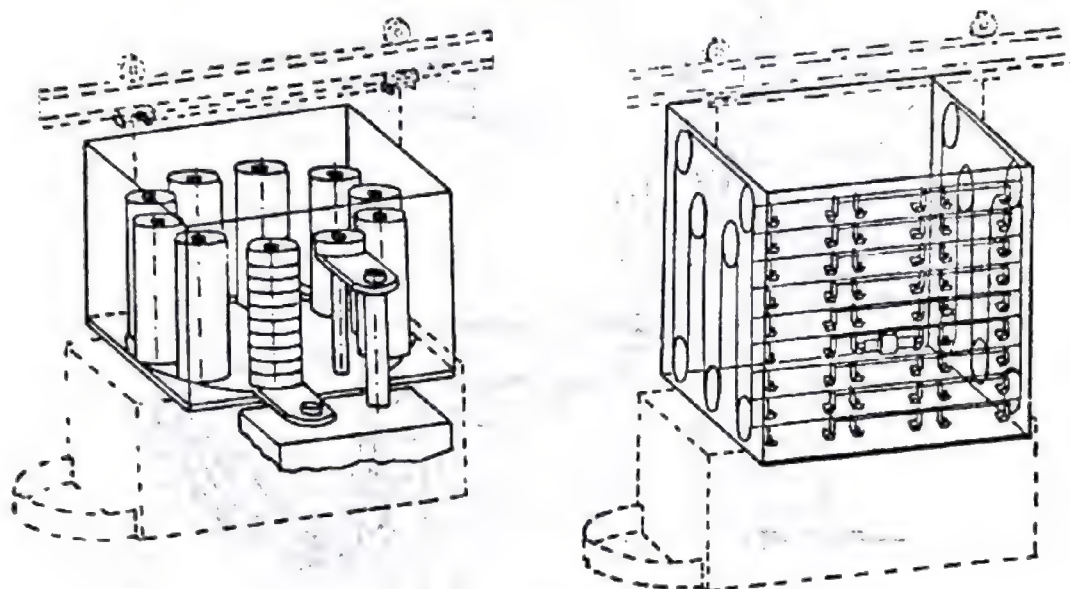


Fig. 7.12. Magazine:

a — magazin tambur pentru semifabricate de tip disc; b — magazin cu lanț pentru semifabricate de tip arbore.

4. Sisteme de alimentare automată pentru sisteme tehnologice flexibile

În prezent, datorită creșterii numărului de produse și a micșorării timpilor de fabricație, a apărut necesitatea utilizării unor sisteme productive mai economice, capabile să asigure fabricarea pieselor în loturi relativ mici, în condiții de înaltă productivitate și calitate a prelucrării.

Una dintre variantele de rezolvare a acestui deziderat o constituie elaborarea așa-zisei tehnologii fără operatori, care asigură desfășurarea procesului de producție cu ajutorul mașinilor-unelte cu comandă numerică, a roboților industriali și a calculatoarelor electronice, care împreună formează un sistem tehnologic flexibil (STF).

Pentru raționalizarea producției este necesar în primul rând să se micșoreze pe cât posibil timpii de staționare ai mașinilor-unelte. După cum indică statisticile, în producția de serie mică timpul de bază al mașinii-unelte reprezintă 6% din timpul total de execuție al unui produs, în producția de serie mijlocie — 8%, iar în producția de serie mare — 22%.

Reiese că în cazul producției de serie tradiționale de piese, o mare parte din timpul ciclului productiv nu este utilizat pentru prelucrare. Crearea sistemelor tehnologice flexibile (STF) a avut drept scop micșorarea acestui timp de neprelucrare sau de așteptare, iar ca rezultat se scurtează ciclul de fabricație al unui produs, scad cheltuielile legate de stocarea semifabricatelor și a pieselor finite.

De exemplu, dacă se notează cu t_{mu} timpul cît piesa este la și pe o mașină-uneltă, cu t_B — timpul de bază, iar cu T_{man} — fondul anual de timp de funcționare al mașinii-unelte, producția tradițională de serie, în cazul funcționării utilajului în două schimburi, este caracterizată de următorii indici de folosire a utilajului:

$$t_{mu}=(0,05 \dots 0,1) \cdot T_{man}; \quad t_B=(0,3 \dots 0,4) t_{mu},$$

iar un STF (pentru producția de serie) care lucrează în trei schimburi are indicii:

$$t_{mu}=(0,5 \dots 0,6) T_{man}; \quad t_B=0,6 t_{mu}.$$

Asigurarea unei flexibilități mari a producției, adică trecerea cu rapiditate de la fabricarea unui lot de piese diferite la altul, necesită investiții mari, care sînt justificate doar în cazul în care utilajul tehnologic automatizat se folosește intensiv cel puțin două schimburi.

După gradul de flexibilitate, sistemele tehnologice de fabricație se împart în trei categorii: linii flexibile automatizate (LFA) sisteme flexibile de fabricație (SFF) și module flexibile de fabricație (MFF) sau celule flexibile de fabricație (CFF).

Liniile flexibile automatizate se folosesc pentru prelucrarea pieselor în producția de serie mare. Mașinile-unelte sînt dispuse, de regulă, în serie, semifabricatele fiind furnizate cu un anumit tact prin intermediul sistemelor de alimentare automată. Spre deosebire de o linie automată clasică, pe o LFA se pot prelucra diferite tipuri de piese, reglarea liniei făcîndu-se în mod automat cînd se trece de la un tip de piesă la altul. Întrucît sistemele de alimentare automată a LFA, care realizează deplasarea semifabricatului de la un post de lucru la altul, realizează așa-zisa legare „internă” a mașinilor-unelte, se impune ca timpul de prelucrare pe mașinile-unelte din linie să corespundă tactului de lucru a liniei.

Sistemele flexibile de fabricație asigură prelucrarea unei diversități mai mari de piese decît LFA, avînd un grad mai mare de universalitate. Structura unui SFF este dată în fig. 7.13. În componența SFF (1) intră subsistemul de prelucrare — 2, care include un număr de mașini-unelte automatizate (de regulă cu comandă numerică), cu care se realizează prelucrarea automată a semifabricatelor în orice succesiune dorită și alimentarea automată cu scule și semifabricate a mașinilor-unelte din SFF; subsistemul de transfer 3 al pieselor prelucrate în cadrul SFF și subsistemul informațional 4.

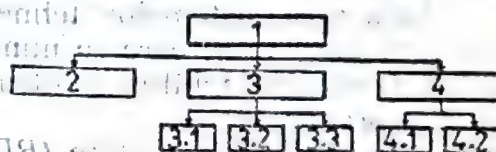


Fig. 7.13. Structura unui sistem tehnologic flexibil.

Subsistemul de transfer (de transport) al semifabricatelor și al pieselor prelucrate se compune dintr-un magazin 3.1, din care se face automat extragerea semifabricatului ce urmează să fie prelucrat, mecanismul de transfer 3.2, care realizează deplasarea semifabricatului în mod automat fără să fie impus un anumit tact ca în cazul LFA, și echipamentul de comandă 3.3, care realizează corelarea între deplasarea pieselor de către sistemul de transfer și ciclul de prelucrare al acestora în sistemul de prelucrare.

Subsistemul informațional 4 asigură comanda automată 4.1 a celorlalte subsisteme componente 2 și 3 și controlul automat 4.2 al funcționării SFF prin culegerea și prelucrarea datelor provenite din exploatare.

Caracteristică pentru SFF este legarea „externă” a mașinilor-unelte aferente, legare care impune ca semifabricatele să treacă pe la mașinile-unelte pe trasee diferite, ceea ce permite prelucrarea simultană a unor piese diferite. Într-o asemenea structură, timpii de prelucrare realizați pe mașinile-unelte din SFF nu sînt dependenți de tactul acestuia. Diferențele dintre diverșii timpi de prelucrare sînt compensate prin prezența unor magazine tampon centrale sau locale (necentralizate) de semifabricate. SFF se pot folosi pentru producția de serie sau de masă.

Cea mai mare flexibilitate o au modulele sau celulele flexibile de fabricație destinate prelucrării unei piese pe o singură mașină-unelte. MFF se recomandă să se folosească în producția de serie mică și de unicate.

Sistemele tehnologice flexibile, se pot realiza pentru prelucrarea următoarelor tipuri de piese: a) piese de revoluție (rotație) (flanșe, arbori, bare, bucșe, roți de curea, cilindrii, roți dințate etc.), STF-R (sisteme tehnologice flexibile pentru prelucrarea pieselor de revoluție); b) piese prismatice (cutii de viteze sau de avansuri, batiuri, carcase etc.), STF-P_m; c) piese plate (capace, plăci, panouri, rigle etc.), STF-P_l.

Datele statistice indică în construcția de mașini un procentaj de piese prelucrate corespunzătoare STF-R de 73,8%, din totalitatea nomenclurii de piese, pentru STF-P_m — 18,6% și pentru STF-P_l — 7,6%. Aceste date arată că STF destinate prelucrării pieselor de revoluție vor avea o pondere mare în construcția de mașini.

Structura sistemelor tehnologice flexibile este determinată de mai mulți factori, între care se numără: forma și dimensiunile semifabricatului, tehnologia stabilită pentru prelucrare, productivitatea și prețul de cost al prelucrării etc.

Analiza roților dințate (RD) avînd în vedere criteriile: dimensional, al greutății și al numărului de operații de prelucrare a condus la împărțirea RD din producția de serie mare și mijlocie în patru grupe: RD cilindrice, pinioane cilindrice, pinioane dintr-o bucată cu arborele și melci.

Pentru aceste tipuri de roți dințate tehnologia de fabricație este prezentată în fig. 7.14. Se poate constata că procesele tehnologice se pot diferenția în procese de prelucrare a RD de tip disc și respectiv a RD de tip arbore. Plecînd de la un semifabricat forjat sau din bară, procesul tehnologic este standard, ceea ce facilitează fabricarea RD în sisteme tehnologice flexibile.

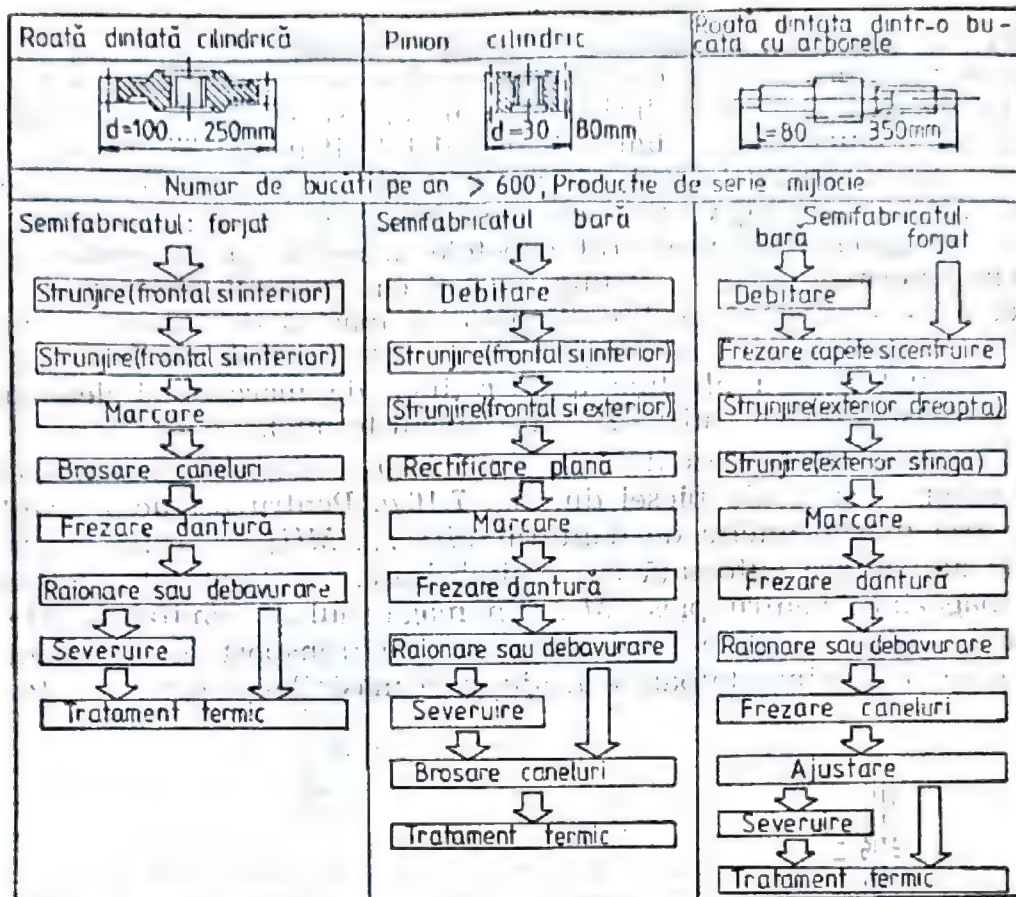


Fig. 7.14. Tehnologii tip pentru prelucrarea roților dintate.

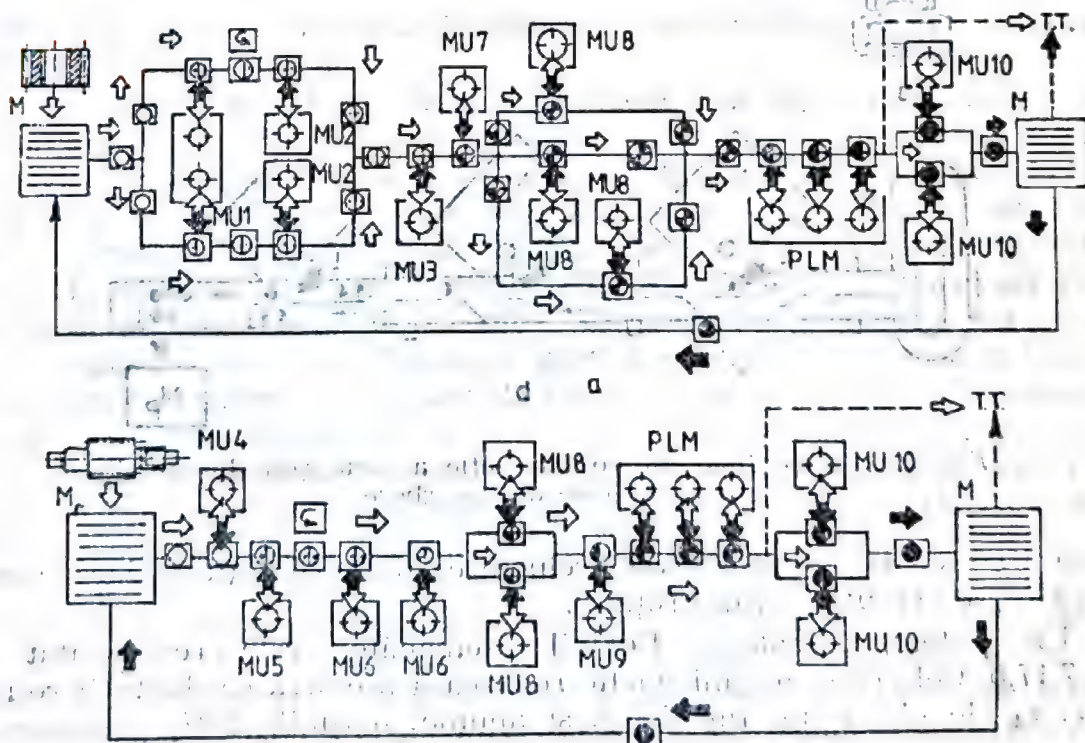


Fig. 7.15. Sistem flexibil de fabricație a roților dintate:
a — din semifabricate de tip disc; b — din semifabricate de tip arbore.

În fig. 7.15 sînt prezentate două linii flexibile de fabricație pentru prelucrarea roților dințate de tip disc (a) și a celor de tip arbore (b); simbolurile de reprezentare indică modul în care se realizează procesul tehnologic de prelucrare (pe figură s-au mai folosit următoarele simbolizări: MU_1 — strung vertical cu două platouri; MU_2 — strung vertical cu un platou; MU_3 — strung vertical cu comandă numerică de conturare; MU_4 — mașină agregat de prelucrat capetele arborilor și de centrui; MU_5 — strung normal; MU_6 — strung normal cu comandă numerică de conturare; MU_7 — mașină de broșat; MU_8 — mașină de frezat dantura cu freză melc modul; MU_9 — mașină de frezat caneluri; PLM — post de lucru manual pentru efectuarea operațiilor de marcare și debavurare; MU_{10} — mașină de șevăruit; TT — tratament termic).

Linia flexibilă reprezentată în fig. 7.16,b realizează prelucrarea danturii roților z_1 și z_2 ale piesei din fig. 7.16,a. Pentru prelucrare sînt necesare trei mașini-unelte de danturat $MU_1 \dots MU_3$ deservite de un sistem de alimentare automată cu semifabricate, amplasat între magazinul M și magazinul pentru piese M_p . Din magazinul M semifabricatele sînt livrate bucată cu bucată unui mecanism de transport între mașini T_M de la care prin alimentatoarele L ajung la mașinile de danturat. Pe ma-

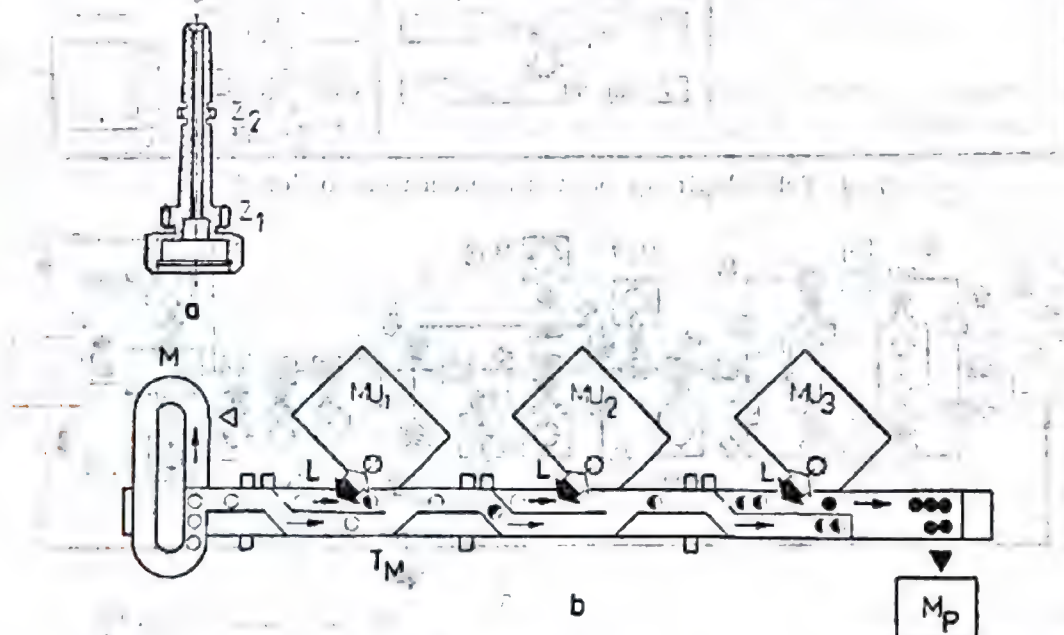


Fig. 7.16. Linie flexibilă de fabricație a două roți dințate din semifabricate de tip arbore.

șinile MU_1 și MU_2 se realizează prelucrarea danturii roții z_1 , iar pe mașina MU_3 se execută dantura roții z_2 .

Un sistem tehnologic flexibil asemănător este reprezentat în fig. 7.17,b. Cele cinci mașini-unelte realizează prelucrarea danturii roților $z_1 \dots z_4$ ale piesei din fig. 7.17,a și anume: mașinile MU_1 prelucrează

roata z_1 iar celelalte roțile z_2, z_3 , respectiv z_4 . La mașinile MU_1 prelucrarea se realizează cu o sculă de tip cuțit roată, iar la mașinile $MU_2 \dots MU_4$ cu o freză melc. Alimentarea cu semifabricate se face din magazinul M , de la care acestea trec prin intermediul mecanismelor de transfer T și a alimentatoarelor L în posturile de lucru ale mașinilor-unelte. De la mașina MU_4 piesele sînt transportate și evacuate în magazinul de piese M_p .

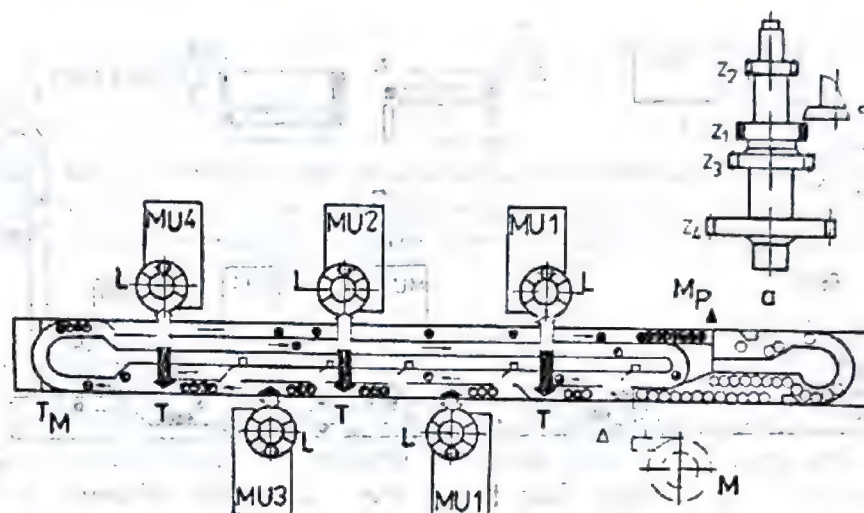


Fig. 7.17. Sistem tehnologic flexibil pentru prelucrarea a patru roți dințate din semifabricate de tip arbore.

Pe toată lungimea sistemului de alimentare semifabricatele sînt susținute de cîte o paletă.

În sistemul tehnologic flexibil reprezentat în fig. 7.18 se efectuează prelucrarea prin strunjire și danturare a piesei din fig. 7.18,a. Piesa este prevăzută cu roțile z_1 (a unui cuplaj dințat) și z_2 . Dantura pentru cuplare (z_1) se execută pe mașina MU_1 iar roata dințată z_2 pe mașinile $MU_2 \dots MU_5$. Fiecare mașină de danturat este prevăzută cu un alimentator L , în care se introduc semifabricate și din care se evacuează piesele prin intermediul unui mecanism de transfer, (pe figură s-a notat: 1 — magazin pentru semifabricate parțial strunjite; 2 — strung frontal cu comandă numerică; 3 — post de măsurare; 4 — elevator; 5 — magazin pentru semifabricate M ; 6 — mașina pentru inscripționat (marcat); 7 — mașina de danturat cu cuțit roată; 8 — post pentru întoarcerea cu 180° a semifabricatului; 9 — mașina de danturat cu cuțit roată; 10 — elevator; 11 — magazin pentru piese (M_p).

În fig. 7.19 este prezentată o linie automată pentru prelucrarea roților dințate 1 din semifabricate de tip disc. Semifabricatele ajung, printr-un jgheab 2, la elevatorul de ridicare 3, acționat de sistemul de antrenare 4 (v. vederea $M-M$). Elevatorul livrează semifabricatele pe jgheabul înclinat 5, de unde prin alunecare ajung pe banda transportoare 6.

De aici, semifabricatele sînt transportate în fața fiecărei mașini de danturat prin mortezare $MU_1 \dots MU_8$, fiind dirijate în alimentatoarele 9, 12 prin intermediul clapetei de ghidare și comandă 7 și a piesei de avansare 8. Fiecare semifabricat va fi livrat bucată cu bucată de către căruciorul de alimentare 11, care îndeplinește și rolul de separator, în postul de lucru al fiecărei mașini de danturat. Pe măsură ce alimentatoarele 9,

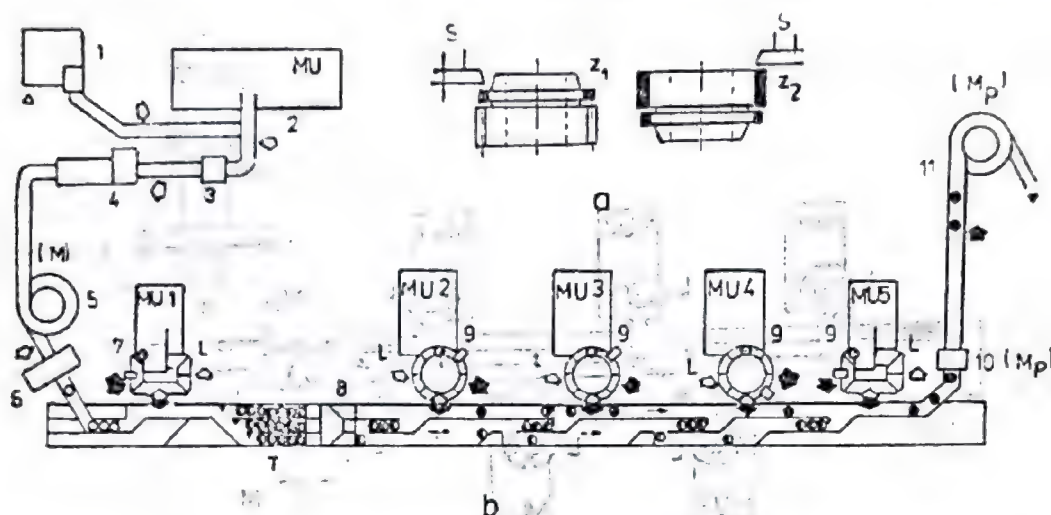


Fig. 7.18. Sistem tehnologic flexibil pentru prelucrarea a două roți din semifabricate de tip disc.

12 se umple la capacitatea maximă, semifabricatele sînt dirijate în continuare la celelalte mașini-unelte. Conform poziției A, la mașina-unelte MU_5 alimentatorul este plin și prin urmare semifabricatele vor fi dirijate în continuare spre MU_6 , MU_7 și MU_8 . Dacă toate alimentatoarele sînt

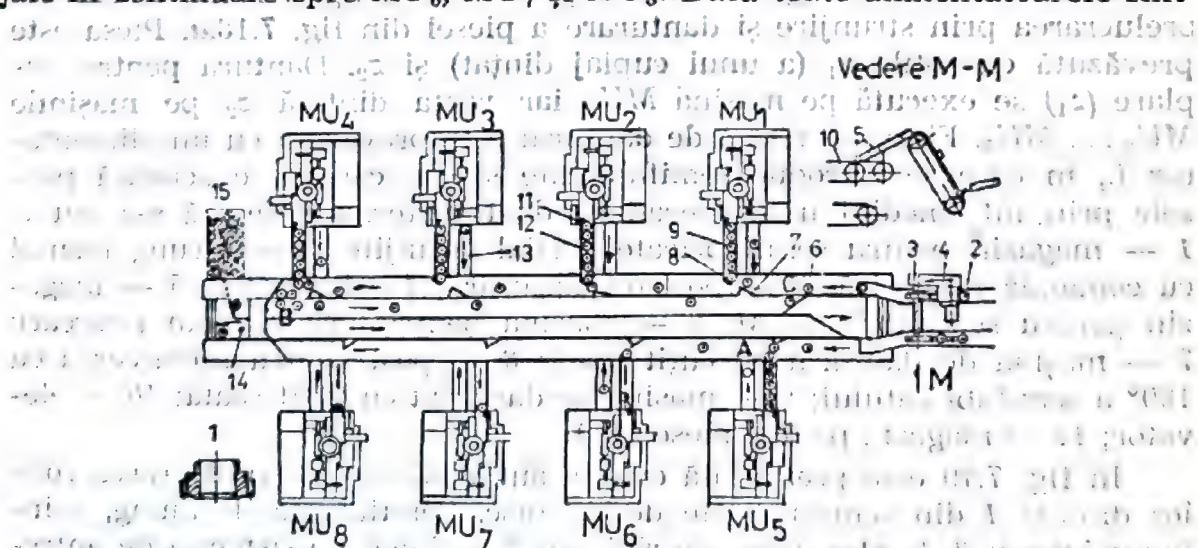


Fig. 7.19. Linie automată pentru prelucrarea unei roți din semifabricat de tip disc.

pline, vezi cazul B, cînd de exemplu, și la ultima mașină MU_4 alimentatorul este umplut pînă la refuz, atunci semifabricatele se reintorc pe benzile centrale ale transportorului în poziția C de unde vor fi reintroduse în circuitul de alimentare automată. După prelucrare piesele sînt evacuate de pe mașinile de danturat prin jgheaburile 13 pe o altă bandă transportoare 14 de la care ajung în magazinul 15.

5. Concluzii

Exploatarea sistemelor de alimentare automată (S.A.A.) a mașinilor de danturat în condiții de producție a permis să se formuleze cerințele de bază care trebuie îndeplinite de acestea pentru a putea fi integrate în STF.

a. SAA trebuie să aibă o capacitate determinată de acumulare a unui volum de semifabricate și piese suficient pentru prelucrarea autonomă în STF fără a fi necesară completarea sau descărcarea pe durata a 2...4 schimburi. Crearea unor magazine mai mari în STF nu contribuie la mărirea productivității, ci conduce la staționarea îndelungată a semifabricatelor și pieselor în SAA, ceea ce se răsfrînge negativ asupra continuității ciclului de fabricație, îngreunează planificarea și comanda procesului de prelucrare.

b. SAA trebuie să permită supravegherea ușoară a semifabricatelor și pieselor care se găsesc în SAA și trebuie să furnizeze o informare operativă despre gradul de umplere și starea SAA (poziția reciprocă a semifabricatelor și pieselor în el).

c. Posibilitatea folosirii simultane a paletelor de diverse dimensiuni în funcție de dimensiunile și mărimea lotului de piese prelucrate cu luarea în considerare a posibilelor schimbări a raporturilor cantitative dintre aceste palete.

d. Posibilitate de funcționare și fără comandă automată.

e. Simplitate și siguranță în funcționare.

f. Posibilitatea folosirii SAA pentru transportul direct (fără stocare intermediară) a semifabricatelor și a pieselor prelucrate la și de la mașinile-unelte.

g. Eficacitate mare de încărcare a SAA (timp minim de încărcare și transport) ceea ce determină rentabilitatea folosirii acestuia în STF.

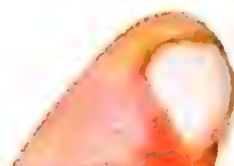
h. Dimensiuni de gabarit minime pe cît posibil.

i. Reguli corespunzătoare de protecția muncii.

j. Tehnologie de fabricație, montaj și reglare cit mai simple cu putință.

k. Timp scurt de deservire a mașinilor-unelte de danturat.

l. Întreținere ușoară.



BIBLIOGRAFIE

1. DORIN, AL., GHIONEA, A. și PREDINCEA, N. *Alimentarea automată cu semifabricate și seale a strungurilor*. București, Editura Tehnică, 1984.
2. DORIN, AL., GHIONEA, A. și PREDINCEA, N. *Structura sistemelor de alimentare cu semifabricate a mașinilor-unelte*. În: *Construcția de mașini*, 37 (1985), nr. 8.
3. DORIN, AL., GHIONEA, A. și PREDINCEA, N. *Probleme privind sistemele de alimentare automată cu semifabricate a mașinilor de danturat*, Simpozionul național de roboți industriali. Secțiunea realizări și tendințe în dezvoltarea mașinilor-unelte, Titan'85, vol. I.
4. STEINHILPER, R. *Planung des Werkstückflusses in einer neustrukturierten Verzahnerteilefertigung*. In VDI-Z 122, (1980), nr. 22.
5. *** LORENZ-AUTOMATION. *Automatisierung von Verzahnmaschinen und anderen Werkzeugmaschinen*. Maschinenfabrik Lorenz AGD-7505 Ettlingen, mai 1979.
6. WICKERT, H., WENGENCOTH, K. *Einrichtung zum Be- und Entladen von Werkzeugmaschinen insbesondere Zahnradbearbeitungsmaschinen*; patent R.F.G. 1552 773/1971.
7. HESSE, S. — *Werkstückenordnung im manipulatorperipheren Speichern*. In: *Fertigungstechnik und Betrieb*, nr. 10, 1981.
8. PICIHADZE, S., FILIPOV, E., KURANOV, A. *Ghibkaia avtomatizatsiia zuboabrotki*. In *Stanki i instrument*, nr. 5, 1985.

Preocupări, realizări și perspective în studiul tribosistemelor de rostogolire

Prof. dr. ing. Ion Crudu
Șef lucrări dr. ing. Ioan Ștefănescu
Universitatea Galați

În cadrul cercetărilor legate de fenomenele și procesele ce au loc în stratul superficial al organelor de mașini supuse uzurii, oboselii, coroziunii etc., un loc important a fost alocat problemelor de sistematică și de modelare. Astfel în [1], prima lucrare în teoria contactului cu rostogolire din țara noastră, s-a sugerat studiul pe model, în laborator, a fenomenelor și proceselor din straturile superficiale în cazul contactelor de rostogolire. În continuare, pe baza cercetărilor efectuate și a literaturii de specialitate existente, s-a adâncit conceptul de tribosistem definit în [2] (fig. 8.1). (1 — triboelement de bază (fix); 2 — triboelement mobil; 3 — material intermediar; 4 — mediu de lucru). Pe baza tipului mișcării relative și a naturii materialelor ce se interpun s-au stabilit patru tipuri de tribosisteme [3, 4], cu aplicații și în studiul structurii mașinilor și mecanismelor [5].

În cazul contactului cu rostogolire se definește un tribosistem cu două variante (fig. 8.2,a): rostogolire liberă și rostogolire cu alunecare, la care durabilitatea T_d este determinată de apariția distrugerilor prin ciupitură. De asemenea se disting tribosistemele de alunecare cu rostogolire (fig. 8.2, b) ca o variantă a tribosistemelor de alunecare și tribosisteme de rostogolire cu abraziv interpus (fig. 8.2, c) cu legi de uzură și rezolvări constructive specifice.

În studiul fenomenelor și proceselor de frecare, ungere, uzură, în literatura de specialitate se indică un model (fig. 8.3) în care mărimile de intrare și ieșire sînt puterea transmisă, viteza, materialul triboelementelor în contact, informații etc. În procesul de lucru se urmărește corelația între parametrii geometrici N , proprietățile materialelor în contact P și interacțiunea între straturile superficiale în contact I . Acest model poate fi considerat ca un model energetic.

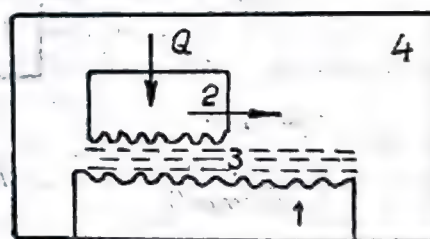


Fig. 8.1.

Urmărindu-se aspectele legate de asigurarea unor intensități date de uzură, într-o serie de lucrări s-au luat ca bază modificările ce au loc în straturile superficiale ale corpurilor în contact [5, 6, 9] determinate prin parametri: geometrici (rugozitatea x_1), fizico-mecanici (starea de tensiuni x_2 , duritatea x_3) și metalurgici (compoziția chimică x_4 , puritatea x_5). De menționat că în literatura existentă se tratează foarte amănunțit aspec-

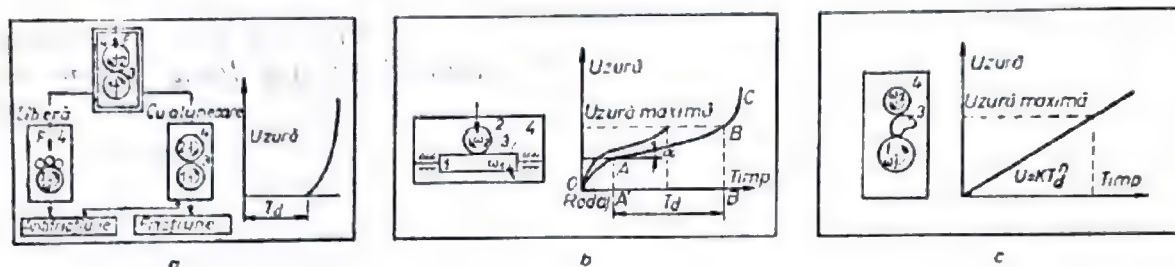


Fig. 8.2.

tele legate de calitatea suprafeței corpurilor în contact, ceilalți parametri (în special cei metalurgici) fiind considerați constanți.

În [6] s-a propus un model de tribosistem în care drept mărimi de intrare și ieșire (fig. 8.4) se consideră parametrii stratului superficial, S_s , și parametrii tribosistemului, C_t . Drept caracteristici ale tribosistemului se consideră mărimea petei de contact, respectiv durabilitatea T_d . Ca pa-

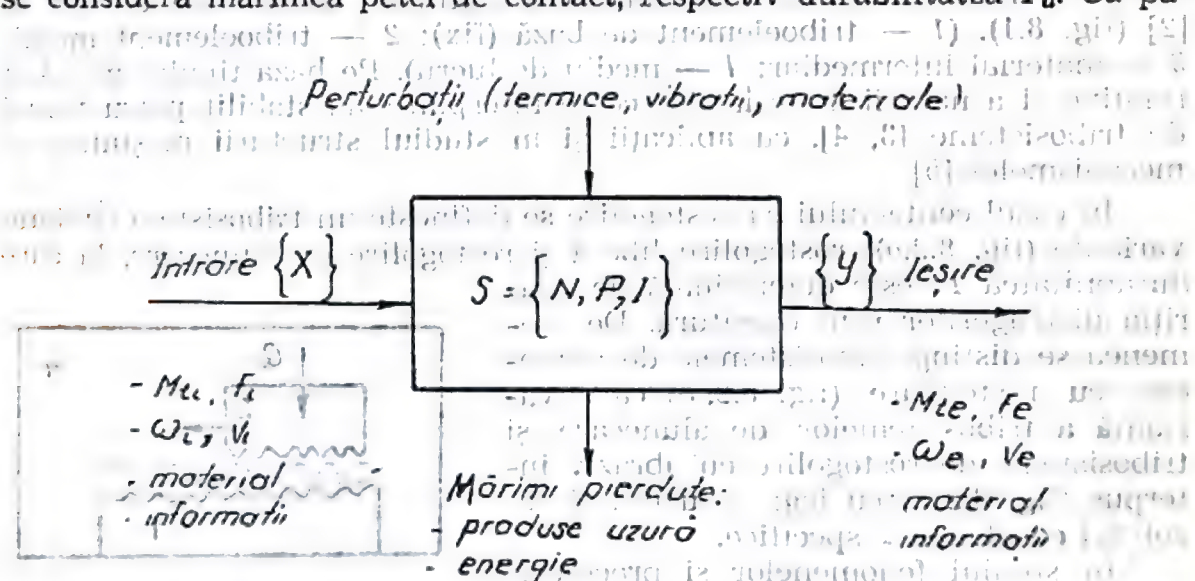


Fig. 8.3.

rametrii de comandă se iau elementele geometrice (dimensiunea u_1 , forma u_2), caracteristicile de exploatare (încărcarea u_3 , viteza u_4 și starea de ungere u_5). În exploatare pot fi considerați constanți parametrii de intrare (compoziția chimică și puritatea), restul modificându-se ca urmare

a fenomenelor și proceselor din stratul superficial. Pe această bază modelul propus este un model de uzură.

În cazul tribosistemelor de alunecare cu rostogolire și a celor cu abraziv interpus apare și faza de rodaj, după care parametrii stratului superficial constituie mărimi de intrare pentru modelul ce descrie perioada de lucru.

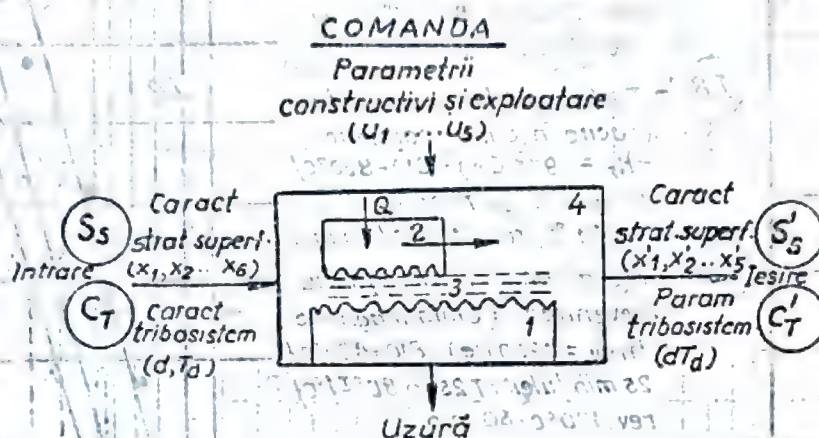


Fig. 8.4.

Cercetările prezentate în teza de doctorat [7], respectiv în comunicările [8, 9] au la bază conceptul de tribosistem definit mai sus și care a fost aplicat și în studiul celorlalte tipuri de tribosistem (alunecare, cavitație).

În fig. 8.5 [8] se prezintă încercările efectuate pe tribomodele tip inel de rulment pe care s-a pus în evidență influența tratamentului termomagnetic asupra durabilității. În fig. 8.6 [8] se prezintă încercările pe rulmenți reali tratați similar. Din cele două figuri rezultă că încercările pe tribomodel conduc la concluzii similare cu cele rezultate din încercările pe rulmenți întregi. Încercările pe tribomodel au fost efectuate pe o mașină de concepție originală, brevetată [10] și au necesitat un timp de cca 10—20 ori mai mic decât încercările pe rulmenți reali.

Unele modificări structurale din stratul superficial au fost puse în evidență pe o instalație difractometrică DRON-3 ce poate funcționa în intervalul $-150 \dots +2000^{\circ}\text{C}$. Aceasta permite determinarea stării de tensiuni de ordinul I, II și III, caracterul structurii de mozaic, natura constituenților structurali și modificările structurale. În fig. 8.7, a se prezintă o difractogramă pentru determinarea conținutului de austenită reziduală AR și a modificărilor structurale pe baza parametrilor liniei de difracție. În fig. 8.7, b se dă variația conținutului de austenită reziduală în funcție de temperatura de călire, iar în fig. 8.7, c și d micșorarea gradului de tetragonalitate a martensitei B și creșterea ponderii martensitei cubice, respectiv micșorarea microtensiunilor.

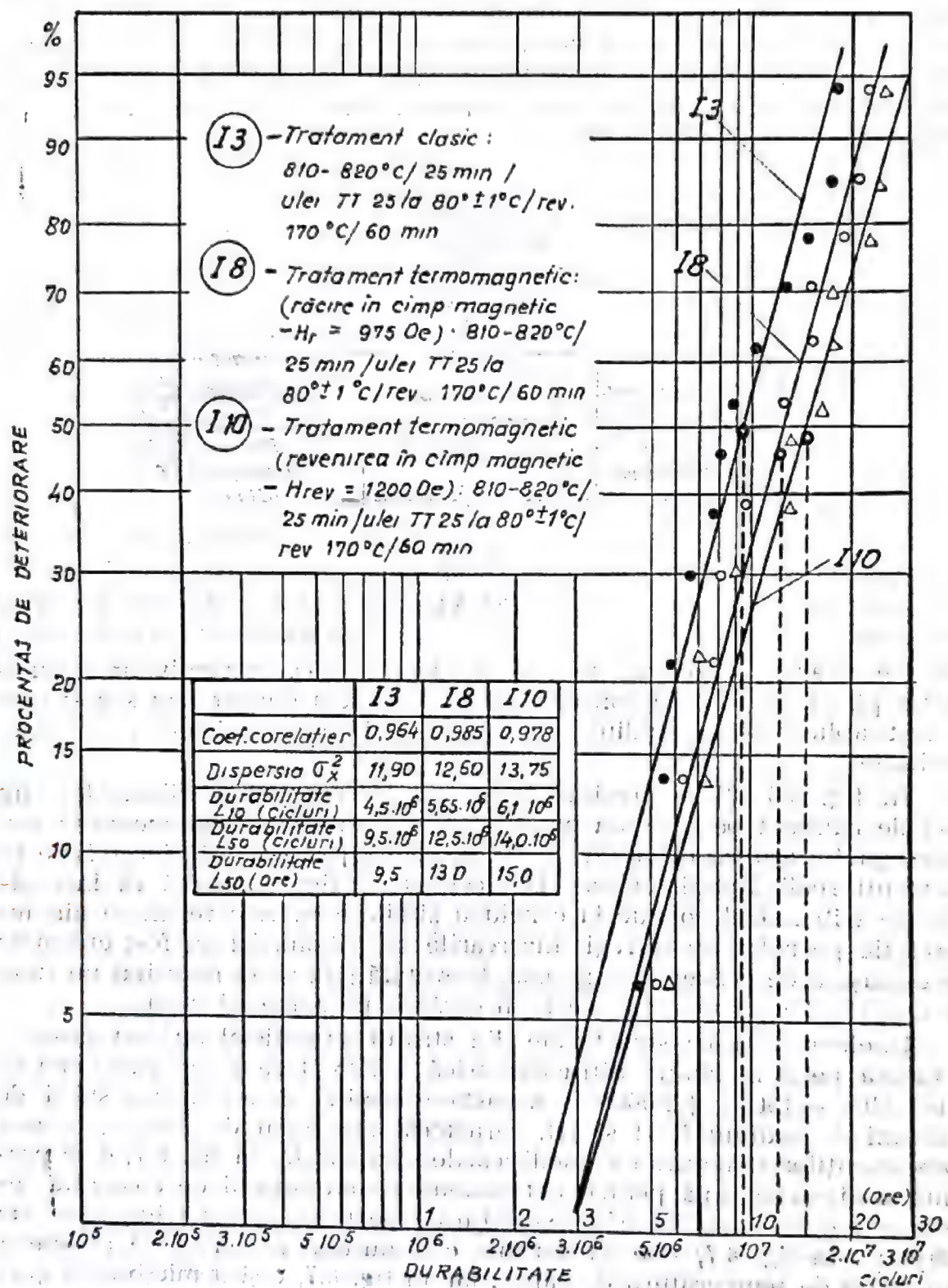


Fig. 8.5.

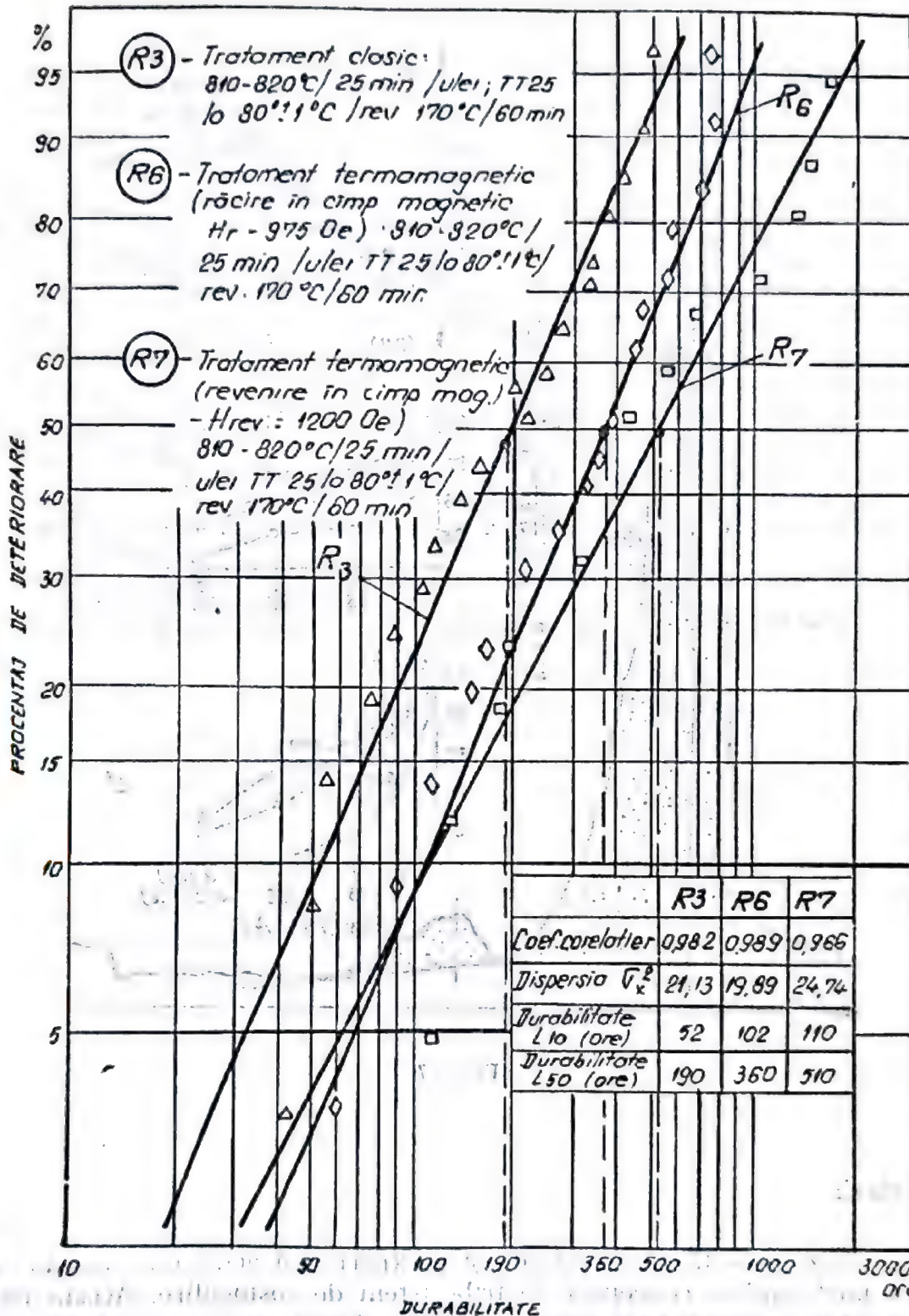


Fig. 8.6.

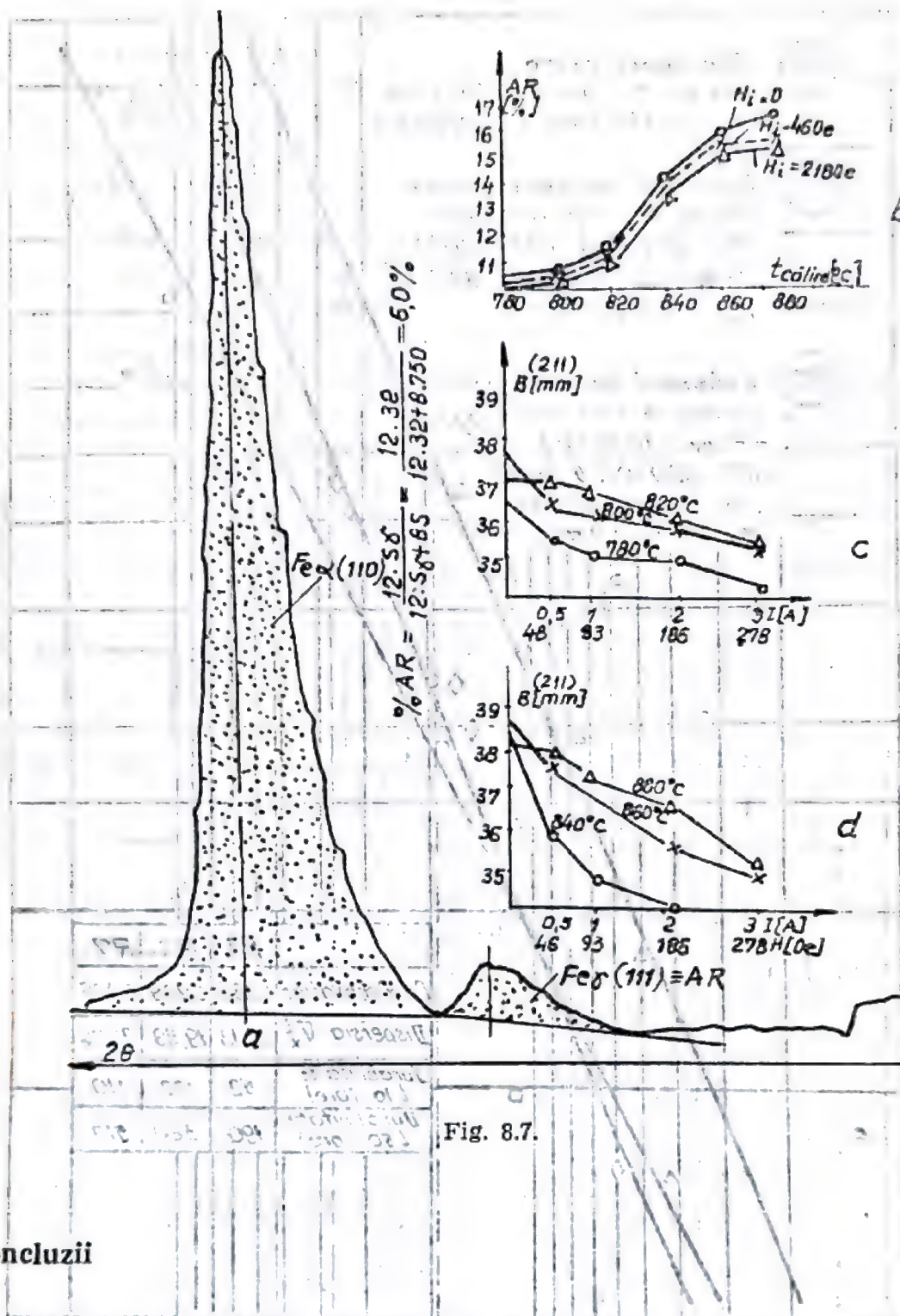


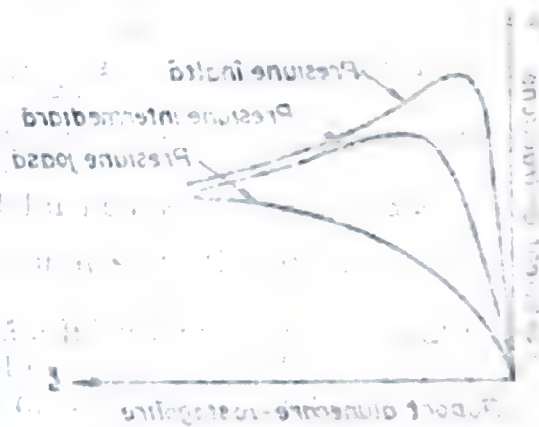
Fig. 8.7.

Concluzii

Pe baza cercetărilor efectuate și a experienței acumulate considerăm că se poate aplica conceptul de tribosistem de rostogolire. Acesta poate fi modelat, ca mărimi de intrare și ieșire, luându-se parametrii stratului superficial și parametrii tribosistemului. Pe această bază se poate trece la conceptul de tribomodel cu posibilități de studiu în condiții de laborator.

BIBLIOGRAFIE

1. CRUDU, I. Contribuții la studiul influenței tensiunilor normale inițiale asupra distrugerii statice și prin ciupitură (pitting) a contactelor punctiforme. Teză de doctorat, I. P. Iași, 1969.
2. *** DIN 50320 „Verschleiss“, Dezember, 1979, Deuth-Verlag, Berlin.
3. CRUDU, I. Incercarea metalelor la uzură. In: vol. I. „Incercarea materialelor“, București, Editura Tehnică, 1982.
4. CRUDU, I. ș.a. Asupra posibilității modelării încercărilor la uzură și a programării pe calculator. In: „Construcția de mașini“, nr. 11, București, 1980.
5. CRUDU, I. A Tribo-systemic Criteron for Studying the Structure, Knematics and Dynamics of Machines. The Fourth IFToMM International Symposium, SYROM 85, July 4—9, 1985, Bucharest.
6. CRUDU, I. EUROTRIB'85.
7. ȘTEFĂNESCU, I. Contribuții la studiul influenței tratamentului termomagnetic asupra uzurii prin ciupitură (pitting) la oțelul de rulmenți RUL 1. Teză de doctorat, Universitatea din Galați, 1982.
8. CRUDU, I. și ȘTEFĂNESCU, I. Possibilities of Increasing Pitting Wear Resistance of Bearing Steels by Thermomagnetic Treatment. 2-nd International Congress on Heat Treatment of Materials, Florance, Italy, Sept. 20—24, 1982.
9. ȘTEFĂNESCU, I. Influența tratamentului termic și termomagnetic asupra stabilității dimensionale a oțelului de rulmenți Rul 1. Tribotehnica 84, Iași, 28—29 Sept., 1984.
10. CRUDU, I., ȘTEFĂNESCU, I. ș.a. Mașină de încercat la uzură. Brevet de invenție nr. 83160 din 30.09.1982.
11. CRUDU, I., ȘTEFĂNESCU, I. ș.a. Contract nr. 2/1984, cu I. R. Brașov.



Prof. dr. ing. Emanuel Diaconescu

Ing. Ioan Ciornei

Institutul de Învățământ Superior Suceava

1. Stadiul actual al cercetărilor privind tracțiunea elastohidrodinamică

Tracțiunea elastohidrodinamică (TEHD) reprezintă forța tangențială longitudinală T care se poate transmite printr-un film EHD de lubrifiant și se poate măsura relativ simplu pe cale experimentală [1]. Rezultatele se trasează în coordonatele adimensionale ξ , μ , ξ fiind raportul între viteza de alunecare și cea de rostogolire, iar μ coeficientul de tracțiune este definit prin raportarea lui T la forța normală N aplicată contactului. Aspectele tipice ale curbelor de tracțiune sînt ilustrate în fig. 9.1. Inițial, curbele prezintă o porțiune liniară, de pantă crescătoare cu presiunea, urmată de o zonă neliniară,

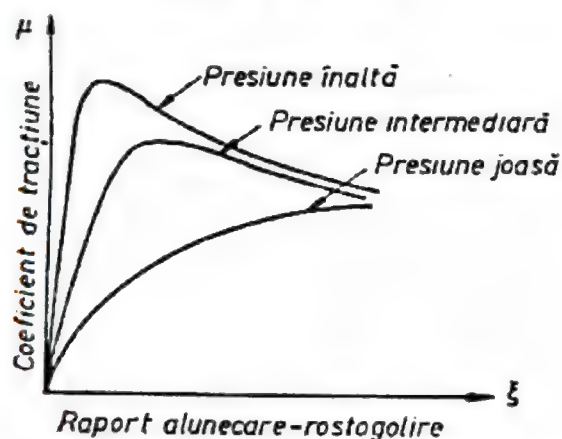


Fig. 9.1. Curbe tipice de tracțiune.

cu maxim la presiuni mari. O dată cu scăderea presiunii acest maxim scade, fiind mai puțin pronunțat, pînă cînd curbele tind spre o asimptotă. Urmează final o zonă de patinare, de tracțiune constantă sau scăzătoare, numită regiune termică. Creșterea temperaturii sau a vitezei de rostogolire duce la scăderea pantei inițiale și a tracțiunii maxime; în condiții date de încercare, acești doi parametri ai curbelor de tracțiune variază mult cu natura lubrifiantului [1].

Dacă teoria lubrificației EHD poate prezice cu precizie configurația și dimensiunile filmului de ulei, deoarece formarea acestuia este guvernată de condițiile, bine cunoscute, din zona de intrare în contact, TEHD, ca rezultat direct al comportării la forfecare a peliculei, depinde esențial de starea lubrifiantului în interiorul contactului. Aceasta este determinată de faptul că o particulă de lubrifiant, aflată în zona de intrare la

presiune atmosferică, traversează contactul într-un timp de tranzit de ordinul a $1 \mu\text{s} \dots 1 \text{ ms}$, fiind supusă la un impuls de presiune de câțiva GPa, precum și la tensiuni însemnate de forfecare. Dată fiind grosimea redusă a filmului, uzual sub $1 \mu\text{m}$, și limitarea lui de suprafețe curbe, apare clară imposibilitatea investigării experimentale a acestuia cu mijloace fizice cunoscute. Ca urmare, starea lubrifiantului în contacte EHD se abordează numai teoretic, rezultatele globale de tracțiune fiind utilizate pentru confirmarea ipotezelor teoretice.

Dintre multitudinea de modele teoretice avansate în ultimele două decenii [1—3] se detașează ipotezele mai recente propuse de Daniels, Tevaarwerk și Johnson și Hirst și Moore. După cum se arată în [3], acestea nu sînt complet deosebite, între ele existînd o unitate, determinată, de acceptarea, directă sau indirectă, a unei comportări la forfecare a lubrifiantului după modelul viscoelastic Maxwell:

$$\dot{\gamma} = \frac{\dot{\tau}}{G} + \frac{\tau}{\eta}, \quad (1)$$

în care viscozitatea este dată de teoria lui Eyring:

$$\eta = \frac{\tau}{2A} e^{\frac{(E + p v_p)}{k\Theta}} \left(\sinh h \frac{\tau v_\tau}{k\Theta} \right)^{-1} = \eta_0 e^{\alpha p} \frac{\tau}{\tau_0} \left(\sinh h \frac{\tau}{\tau_0} \right)^{-1}. \quad (2)$$

În relațiile (1) și (2) γ și τ reprezintă lunecarea specifică, respectiv tensiunea de forfecare, G — modulul de elasticitate la forfecare, A — constantă, E — energia de activare a curgerii, Θ — temperatura absolută, p — presiunea, k — constanta lui Boltzmann, V_p și $\frac{v_\tau}{E}$ — volumele de activare

pentru presiune, respectiv forfecare; $\eta_0 = \frac{\tau_0}{2A} e^{\frac{E}{k\Theta}}$ — viscozitatea la pre-

siunea atmosferică, $\tau_0 = \frac{k\Theta}{v_\tau}$ — o tensiune de forfecare tipică fiecărui ulei

ce caracterizează începutul comportării lui newtoniene, iar $\alpha = \frac{v_p}{k\Theta}$ este coeficientul de presiune al viscozității, numit și coeficient de piezo-viscozitate.

Raportul între viscozitatea dinamică a lubrifiantului și modulul lui de elasticitate la forfecare definește timpul de relaxare al fluidului, $t_r = \eta/G$. La solicitări de durată mai mică decît t_r , lichidul răspunde predominant elastic, iar la cele de durată mai mare se comportă predominant viscos.

Conform relației (2), viscozitatea depinde și de tensiunea de forfecare, așa cum se explicitează în fig. 9.2.

La forfecări mici, viscozitatea este practic dată de ecuația lui Barus ($\eta = \eta_0 e^{\alpha p}$). La presiuni mici, viscozitatea este redusă, iar timpul de relaxare (t_r) este mic față de timpul de tranzit (t), așa încît lubrifiantul răspunde viscos la forfecare. Deoarece viscozitatea crește exponențial cu presiunea, iar modulul de forfecare numai liniar, la presiuni mari t_r depășește TT și fluidul se comportă elastic. În ambele situații rezultă o

dependență liniară între $\dot{\gamma}$ și τ , respectiv $\dot{\gamma}$ și $\dot{\tau}$, ceea ce explică porțiunea liniară a curbelor de tracțiune.

La forfecări mari, viscozitatea scade sensibil și lubrifianțul revine la condiția de lichid. În același timp viteza de forfecare crește mult, ceea ce explică zona neliniară a curbelor de tracțiune. În acest domeniu coeficientul de tracțiune are expresia:

$$\mu = \frac{\tau}{p} = \frac{\alpha \tau_0}{p} - \frac{\tau_0}{p} \ln \frac{\tau_0}{2\tau_0 \dot{\gamma}}, \quad (3)$$

unde α este valoarea medie a lui α pe aria de contact.

La temperaturi ridicate scade atât η_0 , cât și α , așa încât viscozitatea efectivă scade drastic iar lubrifianțul se comportă viscos indiferent de presiune sau de tensiunea de forfecare.

Este astfel posibil să se descrie unitar curbele de tracțiune în funcție de numai două mărimi caracteristice ale uleiurilor, fie volumele de activare v_p și v_z , fie mărimile δ_0 și α .

2. Contribuții sucevene și perspective

în cercetarea tracțiunii elastohidrodinamice

Determinarea comportării la tracțiune a uleiurilor românești. După cum s-a arătat mai înainte, comportarea la tracțiune variază mult de la un lubrifianț la altul, fiind caracterizată prin panta inițială a curbelor și prin valoarea maximă a coeficientului de tracțiune. Pentru a evalua aceste proprietăți la lubrifianții românești uzuali, s-au conceput și realizat mai multe standuri, brevetate în majoritate [1—3].

Pe acestea s-a efectuat un program complex de măsurători care au evidențiat proprietăți acceptabile de tracțiune la uleiul T90, produs curent în țară, și uleiurile diesterice DOA și S2, sintetizate în laboratoarele Institutului Central pentru Cercetări Chimice, filiala Timișoara.

În perspectivă se impune lărgirea colaborării cu cercetătorii și producătorii de uleiuri în vederea asimilării în țară a unor uleiuri de tracțiune superioare, competitive cu uleiurile străine Santotrac 40, 50 și Varyfluid.

Natura lubrifianțului în interiorul contactului EHD. Problema controversată a naturii lubrifianțului în contactele elastohidrodinamice a stat

în atenția cercetătorilor să se aibă în vedere atât sub aspect teoretic, cât și experimental. Contribuțiile succedute la teoria tracțiunii constau în relevarea caracterului unitar al celor mai noi modele [3]. În schimb, investigațiile experimentale ale fenomenului sînt mai numeroase.

În acest sens se citează pentru început depistarea, pe aparatul Reotest-2, a unor neliniarități ale variației tensiunii de forfecare cu gradientul de viteză la uleiurile T90 și K90 la temperaturi de 30°C — 40°C , chiar la presiune atmosferică [2], neliniarități care sugerează o comportare nenenewtoniană. Urmează apoi cercetările experimentale privind influența presiunii de contact asupra pantei inițiale a curbelor și asupra coeficientului maxim de tracțiune [1—3], care au relevat, pe de o parte, o variație a acestor parametri în concordanță mult mai bună cu o comportare viscoasă de —cît cu una elastică, iar pe de altă parte au confirmat limitarea coeficientului de tracțiune la presiuni mari, așa cum implică ecuația (3). Efectul temperaturii, variabilă între 35 și 70°C , asupra tracțiunii la ulei T90, [3], confirmă scăderea prezisă teoretic la temperaturi sub 45°C și peste 65°C , în intervalul 45 — 65°C apărînd o anomalie neexplicabilă, caracterizată de creșterea parametrilor tracțiunii.

Folosind un contact de tip tor/cilindru, cu diverse raze de contact și cu diverse viteze de rostogolire, s-a păstrat constantă grosimea peliculei de lubrifiant, variînd gradat timpul de tranzit de la simplu la dublu. S-a constatat o scădere generală a parametrilor curbelor de tracțiune cu creșterea timpului de tranzit t (fig. 9.3). La unele uleiuri s-a constatat o accentuare bruscă a acestei scăderi la depășirea unui anumit timp de tranzit, care reprezintă de fapt timpul de relaxare al lubrifiantului ce demarșează comportarea elastică de cea viscoasă.

Cercetările teoretice trebuie să aibă în vedere accentuarea concluziilor cantitative, mai ales prin trecerea la calcul numeric, iar investigațiile experimentale privind influența temperaturii și a timpului de tranzit trebuie continuate, diversificate și perfecționate, așa încît să ofere și mijloace de determinare a parametrilor reologici ai uleiurilor testate.

Influența forfecărilor parazite asupra tracțiunii. Forfecările parazite, spinul și alunecarea laterală care pot să apară în contact ca urmare a geometriei, erorilor de montaj sau cinematicii solidelor deformabile, se combină cu alunecarea longitudinală generatoare de tracțiune utilă, ducînd în general la reducerea performanțelor contactului. Efectul negativ al acestora a fost abordat atât sub aspect teoretic, cât și experimental, precizîndu-se căile de ameliorare a tracțiunii, după cum se prezintă detaliat în lucrarea [4].

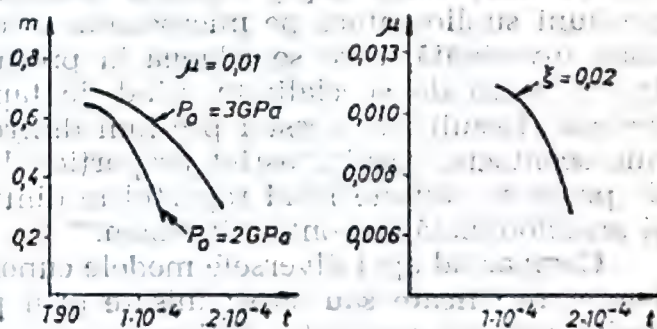


Fig. 9.3. Influența timpului de tranzit.

Comportarea dinamică a peliculei elastohidrodinamice. Cele mai importante aplicații ale tracțiunii elastohidrodinamice sînt reprezentate, fără îndoială, de variatoarele de turație. Deoarece în utilizările moderne acestea sînt uzual incluse în sisteme de reglare automată, se pune acut problema comportării lor dinamice și a cunoașterii funcțiilor lor de transfer. În acest scop s-au întreprins cercetări teoretice și experimentale privind comportarea dinamică a variatoarelor în general și a peliculei E.H.D. în special, la variația turației de intrare, a sarcinii sau a raportului de transmitere, respectiv a poziției relative a elementelor [2, 3]. După cum se arată detaliat în [5], aceste cercetări au permis identificarea peliculei și a variatoarelor ca elemente tipice ale sistemelor de reglare automată, ceea ce permite proiectarea unor astfel de sisteme.

Tracțiunea în regim parțial elastohidrodinamic. Repartiția sarcinii în contacte parțial E.H.D., caracterizate de o grosime a peliculei de lubrifiant insuficient de mare pentru a împiedica interacțiunea directă între asperitățile celor două suprafețe, ca de altfel și tracțiunea transmisă într-o atare situație, a făcut obiectul unor cercetări teoretice și experimentale în laboratorul de lubrificație de la Suceava.

Pentru început s-au trasat, ca premieră mondială, curbe de tracțiune în regim parțial E.H.D., care evidențiază contribuția interacțiunii dintre asperități și a forfecării filmului la forța tangențială totală transmisă [1]. Pornind de la ideea că interacțiunea dintre asperități se produce în condiții de ungere limită, caracterizată de un coeficient constant de frecare, s-a determinat raportul dintre sarcina preluată de asperități și sarcina totală, raport găsit constant și nu variabil cu forța normală, așa cum implică tratările teoretice existente [1]. În mod firesc a urmat ameliorarea teoriilor de interacțiune a asperităților prin luarea în considerație a efectului presiunii hidrodinamice înconjurătoare asupra distribuției de presiune de pe fiecare microcontact [1]. Această îmbunătățire a relevat existența unei presiuni suplimentare pe microcontacte, egală cu presiunea fluidului din zona învecinată, care se adaugă la presiunea microhertziană evidențiată în literatura de specialitate, fiind de fapt incomparabil mai mare decît aceasta. Rezultanta acestei presiuni dintre asperități, sarcina preluată de microcontacte, rezultă astfel proporțională cu sarcina totală, coeficientul de proporționalitate fiind raportul m dintre suma ariilor microcontactelor și aria nominală de contact hertzian.

Comparînd apoi diversele modele cunoscute ale microtopografiei suprafețelor rectificate sau superfinisate prin prisma coeficientului de frecare limită necesar pentru a obține tracțiunea prin asperități măsurată experimental, s-a ajuns la concluzia că cel mai potrivit este modelul lui Tallian [6].

Aceste concluzii au fost apoi verificate într-un domeniu larg al parametrilor funcționali pe contacte de tip con pe bilă constatîndu-se valabilitatea noii teorii, iar final s-au propus relații simple pentru calculul coeficientului de tracțiune limită prin asperități, μa_0 [6].

Pentru viitor se impune, pe de o parte, lărgirea evantaiului de condiții experimentale în care să se verifice această teorie, iar pe de altă parte

problema optimizării microtopografiei suprafețelor ținând mai ales seama de criteriile tehnologice.

Influența tracțiunii longitudinale și a spinului asupra stării de tensiuni și durabilității contactelor cu rostogolire. Puținele încercări experimentale prezentate în literatura de specialitate atestă că la oțeluri dure tracțiunea E.H.D. are efecte negative drastice asupra durabilității. Teoriile elaborate în această privință [1] prezic corect tendința generală de scădere a durabilității la creșterea coeficientului de tracțiune, dar o subestimează substanțial. Pentru a reduce discrepanța dintre teorie și experiment s-a considerat cazul unui contact liniar încărcat cu sarcină tangențială distribuită eliptic și s-a analizat, pe de o parte, variația pe adâncime a componentelor stării de tensiuni, iar pe de altă parte variația lor în timp în cazul rostogolirii ciclice. Comparând aceste variații cu particularitățile stării de tensiuni la rostogolirea sub sarcină pur normală se ajunge la concluzia că, atât în cazul regimului de ungere complet E.H.D., cât și al celui parțial, tracțiunea nu afectează decât straturi superficiale extrem de subțiri, având componente neglijabile în adâncime, unde se exercită tensiunile decisive maxime produse de sarcina normală. Acceptând în această situație ipoteza că elementul decisiv pentru scăderea durabilității sub efectul tracțiunii este creșterea vitezei de propagare a microfisurilor superficiale, generate în procesul tehnologic sau în cursul primelor cicluri de solicitare, spre și în

zona de adâncime, s-a adaptat tensiunea tangențială echivalentă propusă de Stulen și Cummings [1], înlocuind tensiunea tangențială critică prin tensiunea tangențială ortogonală maximă iar tensiunea normală perpendiculară pe planul ei, cu tensiunea σ_y dirijată pe direcția de rostogolire. Ținând seama de efectul tracțiunii asupra lui σ_y , s-au dedus final expresii analitice simple pentru raportul între durabilitatea la rostogolire pură și cea care rezultă

în urma aplicării tracțiunii [1]. Încercările experimentale de durabilitate efectuate în regim complet și parțial EHD confirmă pe deplin teoria, după cum se plasează în fig. 9.4 punctele experimentale în raport cu curbele teoretice [3].

Pentru a aprecia starea de tensiuni și deformații produsă de spin, s-a plecat de la soluția cunoscută a problemei lui Cerruti, care s-a scris pentru componentele unui moment de spin, distribuit cu simetrie radială pe o arie circulară, situată pe planul limitrof al semispațiului [2]. Prin apli-

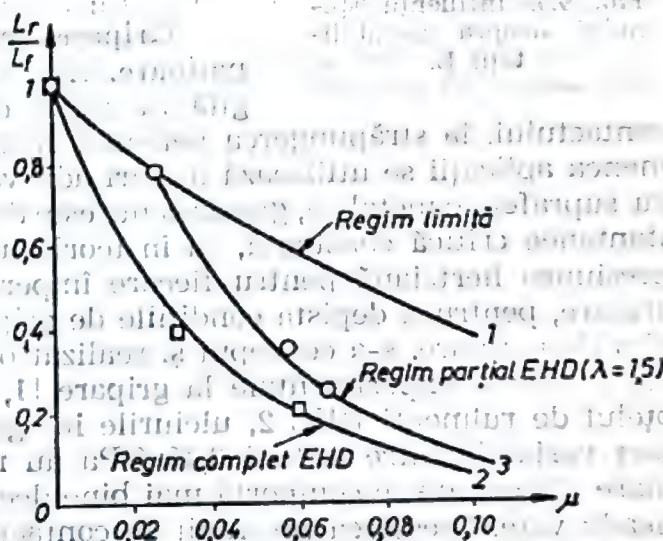


Fig. 9.4. Influența tracțiunii asupra durabilității L.

carea convenabilă a principiului suprapunerii efectelor, s-au obținut particularitățile calitative ale tensiunilor și deplasărilor de spin. Tensiunile tangențiale alternant simetrice produse de spin la rostogolire s-au însumat geometric cu tensiunile similare generate de forța normală la rostogolire, arătându-se că spinul are efecte negative asupra durabilității de contact [3]. Încercările experimentale efectuate pe un stand simplu confirmă concluziile calitative teoretice, după cum

se constată în fig. 9.5.

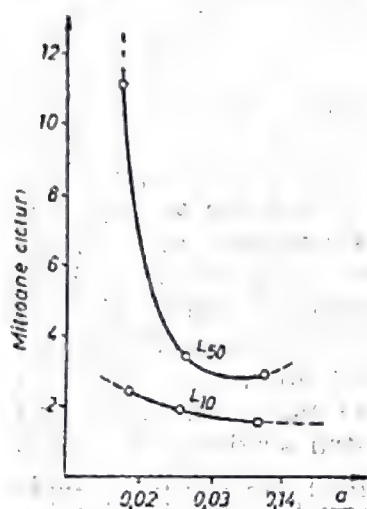


Fig. 9.5. Influența spinului asupra durabilității L .

În perspectivă se cer efectuate studii teoretice privind starea de tensiuni produsă de tracțiune la un contact eliptic, cuantificarea componentelor stării de tensiuni de spin, atât la contactul circular, cât și la cel eliptic precum și rezolvarea problemei similare la alunecarea laterală. Studiul teoretic trebuie să stabilească apoi efectul acestor stări de tensiuni asupra durabilității elementelor în contact cu rostogolire. Pe plan experimental se pot face investigații ale stării de tensiuni prin metoda înghețării tensiunilor, precum și cercetări privind influența tracțiunilor menționate asupra durabilității.

Griparea contactelor EHD în condiții de patinare. Este evident că funcționarea prelungită în regim de patinare duce la încălzirea

contactului, la străpungerea peliculei și final la gripare. Deoarece în asemenea aplicații se utilizează uleiuri aditivate, care pot interacționa chimic cu suprafețele metalice, griparea nu este determinată de o temperatură instantanee critică constantă, ca în teoria lui Block, ci de una variabilă cu presiunea hertziană pentru fiecare împerechere de ulei și materiale. Ca urmare, pentru a depista condițiile de gripare ale contactelor E.H.D. în regim de patinare, s-a conceput și realizat o mașină simplă pe care s-au făcut încercări experimentale la gripare [1, 3]. Rezultatele obținute pentru oțelul de rulmenți RUL 2, uleiurile indigene uzuale și presiunea de contact variabilă între 2,06 și 3,45 GPa au relevat că uleiurile aditivate de mare vâscozitate se comportă mai bine decât cele de vâscozitate redusă sau neaditivate. Creșterea presiunii de contact conduce la reducerea temperaturii la care apare griparea. În general s-au precizat, pentru fiecare ulei, domeniile de lucru în care pericolul gripării este redus [3].

Cercetările pot fi continuate prin lărgirea gamei de oțeluri, uleiuri și aditivi studiate în vederea înțelegerii depline a fenomenului și a evitării totale a pericolului gripării.

Aplicații ale tracțiunii EHD. Tracțiunea EHD are numeroase aplicații și implicații în practică la numeroase organe de mașini: variatoare E.H.D. de turație, rulmenți, roți dințate, came etc. La Suceava s-au făcut eforturi însemnate spre realizarea de variatoare indigene de turație de per-

formanțe mondiale, după cum se prezintă în [7] și pentru elucidarea forțelor tangențiale din rulmenți în vederea asimilării unor rulmenți de înaltă precizie și frecare mică [2,8].

Cercetările continuă cu optimizarea variatoarelor și extinderea aplicării teoriei tracțiunii E.H.D. și alte organe de mașini cu contact hertzian.

BIBLIOGRAFIE

1. VAREHD 1, 1980. *Prima conferință de variatoare E.H.D. de turație* — Lucrări.
2. VAREHD 2, 1982. *A doua conferință de variatoare E.H.D. de turație* — Lucrări.
3. VAREHD 3, 1984. *A treia conferință de lubrificație E.H.D. și variatoare de turație* — Lucrări.
4. CIORNEI, I. M. și DIACONESCU, E. N. *Optimizarea contactului cu tracțiune din punct de vedere al forfecărilor parazite*. Seminarul. Stadiul actual și perspective în cercetarea contactului cu rostogolire — Suceava, 1985.
5. MANDICI, L. G., DIACONESCU, E. N. și GRAUR, A. G. *Comportarea dinamică a variatoarelor EHD*. Seminarul Stadiul actual și perspective în cercetarea contactului cu rostogolire — Suceava, 1985.
6. DIACONESCU, E. N. *Asperity Traction in EHD Lubrication*. International Conference on Friction, Wear and Lubrication, Tashkent, USSR, 1985.
7. DIACONESCU, E. N., CREȚU, O. S. și CIORNEI, I. M. *Variatoare mecanice de turație*. Seminarul Stadiul actual și perspective în cercetarea contactului cu rostogolire — Suceava, 1985.
8. DIACONESCU, E. N. ș.a. *Efectul tracțiunii EHD asupra frecării din rulmenții radiali cu bile*. Creația tehnică și fiabilitatea în construcția de mașini. Iași, 1983, OMMRM, 296—300.



III

MATERIALE. ELABORARE, UTILIZARE, RECICLARE, ÎNLOCUITORI

10

Tendințe în dezvoltarea oțelurilor
pentru deformare plastică la rece

Dr. ing. Nicolae Lașcu-Simion
Dr. ing. Mihai Ștefan Teodorescu
Institutul de Cercetări Metalurgice

În prezent, pe plan mondial se înregistrează o tendință de diversificare a fabricației de produse plate cu grosime mică și medie destinate prelucrării prin deformare plastică la rece. Noile calități de oțeluri folosite pentru realizarea acestor produse prezintă caracteristici de rezistență superioare, în condițiile menținerii valorilor de plasticitate întâlnite la oțelurile de calitate curentă, indicatori superiori ai coeficienților de ecrui-sare și de contracție transversală, caracteristici de sudabilitate satisfăcătoare.

Principalele utilizări ale noilor oțeluri sînt în construcția de repere cu geometrie complexă supuse la solicitări mecanice importante ca de exemplu: componente ale caroseriilor auto, carcase, suporturi și alte piese de rezistență din industria constructoare de mașini, industria ușoară și de bunuri de larg consum. În aceste domenii, oțelul se află în competiție directă cu materialele plastice, tendința de evoluție a consumului celor două categorii de materiale fiind cea arătată în fig. 10.1 [1].

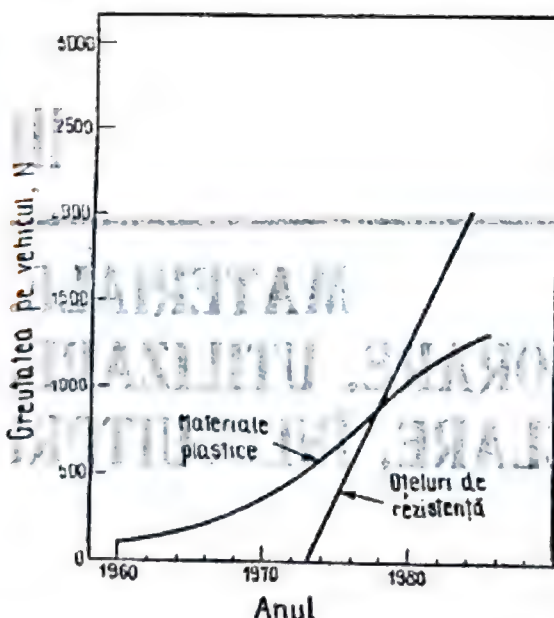


Fig. 10.1. Tendința de evoluție a consumului de produse din oțeluri de înaltă rezistență și din materiale plastice în construcția de vehicule.

Nivelul ridicat al solicitărilor mecanice, funcționarea în regim de vibrații, ca și particularitățile de mediu în care lucrează piesele din categoriile arătate impun condiții restrictive pentru produsele siderurgice. O sinteză a cerințelor de utilizare, ca și a condițiilor tehnice impuse produselor pentru deformare la rece este prezentată în tabelul 10.1.

Pentru a răspunde cerințelor respective, este în curs un proces de

Tabelul 10.1

Cerințe și condiții tehnice pentru produsele destinate deformării la rece

Cerințe impuse de utilizare	Condiții tehnice pentru produsele destinate deformării la rece	Tipuri de produse siderurgice utilizate
Greutate proprie mică și rigiditate mare	Rezistență mare Plasticitate mare Grosime uniformă	Table din oțeluri de rezistență mare
Rezistență la coroziune în condiții de mediu date	Rezistență la coroziune. Calitate fină a suprafeței (pentru produsele cu suprafață protejată)	Table acoperite (de ex. zincate, aluminizate etc.).
Funcționare în gaze calde	Rezistență la cald	Table din oțeluri slab aliate sau inoxidabile

dezvoltare de noi tipuri de oțeluri care, în funcție de soluțiile metalurgice aplicate, se pot grupa după cum urmează [2, 3].

Oțeluri cu rezistență la rupere de 350—550 N/mm², considerate ca *oțeluri convenționale*, la care creșterea rezistenței este realizată prin:

— *finisarea granulației*, aplicându-se a) microalierea oțelului cu Ti, Nb sau V pentru limitarea creșterii grăuntelui austenitic și laminarea la cald cu temperatură de sfârșit de laminare joasă pentru asigurarea unui grăunte feritic fin; b) alierea conform pct. a) și laminarea la rece cu practicarea recristalizării la o temperatură cât mai joasă;

— *durificarea soluției solide*, aplicându-se alierea cu Si (max. 0,5%), P (max. 0,1%) și uneori Mn, precum și microalierea cu elemente de finisare a structurii (V, Ti, Nb). Sînt de semnalat două variante tehnologice ale acestei subgrupe și anume: a) oțeluri durificate prin deformare și îmbătrînire joasă capabile să asigure valori ale coeficienților de ecrusare ($n \approx 0,23$) și de anizotropie normală ($r \approx 1,75$) la nivelul celor realizate la oțelurile de rezistență joasă calmate cu aluminiu, laminate la rece și tratate în cuptoare clopot; b) oțeluri cu conținut foarte scăzut de carbon (cca 0,005%) aliate cu Nb și Zr ale căror performanțe de ambutisabilitate sînt superioare celor ale oțelurilor refosforate. În condițiile unui conținut de Nb (nelegat cu carbon sau azot) peste 0,025%, cu aceste oțeluri se realizează coeficienți de anizotropie $r \approx 2,0$ [4];

— *durificarea prin precipitare*, aplicându-se microalierea cu V, Nb sau Ti pentru formarea în austenită de carburi și carbonitruri, precum și laminarea la cald cu controlul temperaturii la ieșirea din trenul finisor și în continuare pînă la roluire.

Oțeluri cu rezistență la rupere de 700—950 N/mm², conținînd, de obicei, cca 0,1% C, 0,4% Mn și 0,2% Ti, laminate la rece și supuse unei recoaceri de *recristalizare parțială* (mai mult detensionare). Creșterea rezistenței este realizată pe seama păstrării în oarecare măsură a texturii de

laminare la rece, adaosul de elemente de aliere avînd scopul, în principal, de a întîrzia procesele de recrystalizare.

Oțeluri bifazice, cu rezistență la rupere de 500—700 N/mm² conținînd, de obicei, cca 0,10% C și cca 1% Cr și Mo. Printr-un tratament termic de răcire rapidă în domeniul austenitic sau ferito-austenitic, sau printr-o conducere adecvată a procesului de laminare la cald, rezultă o structură formată din martensită cu conținut ridicat în carbon într-o masă feritică fină. Produsele din aceste oțeluri sînt realizate, de obicei, prin laminare la cald, dar sînt mărci care permit finisarea prin laminare la rece. De asemenea, aplicînd aceleași principii metalurgice, au fost dezvoltate oțeluri trifazice cu structură formată din martensită, bainită și ferită [5, 6, 7].

Intr-o diagramă avînd în ordonată rezistența la rupere, mărime reprezentativă pentru rezistența la sollicitări mecanice normale, ca și pentru rezistența la deformare în regim elastoplastic și pentru rezistența la

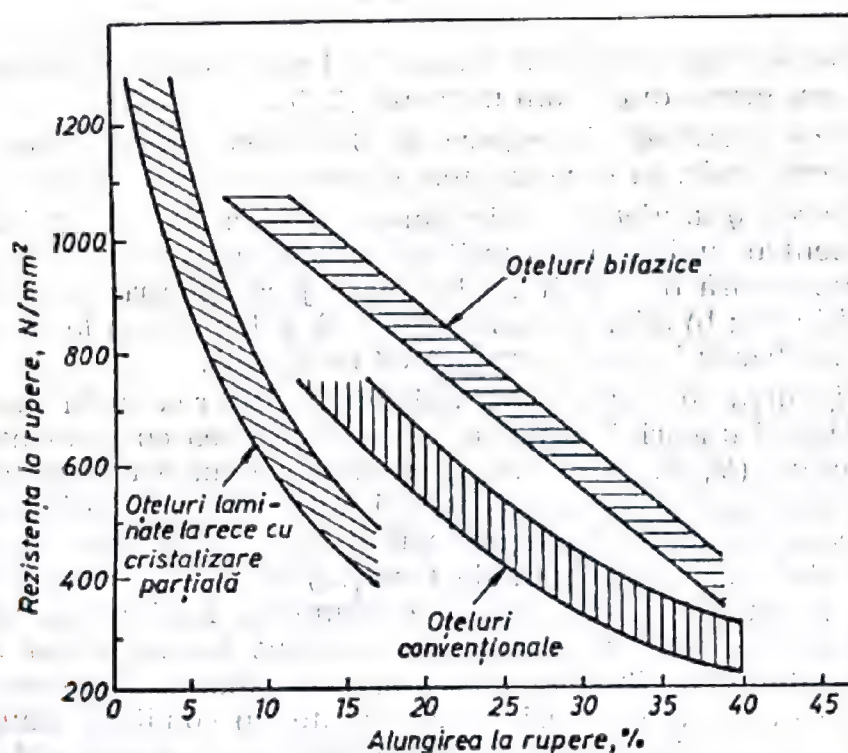


Fig. 10.2. Variația rezistenței la deformare cu alungirea la rupere la principalele clase de oțeluri de înaltă rezistență pentru deformare plastică la rece.

oboseală a reperelor ambutisate, iar în abscisă alungirea la rupere, mărime care se corelează satisfăcător cu capacitatea de deformare plastică la rece a produselor, cele trei clase mari de oțeluri prezentate mai înainte ocupă domenii distincte (fig. 10.2). Se remarcă clasa oțelurilor bifazice care, la toate nivelurile de rezistență, prezintă cele mai ridicate valori ale alungirii la rupere.

Capacitatea de deformare plastică la rece a unui semifabricat depinde de mărimea alungirii uniforme care poate fi dezvoltată în procesul de deformare ca o combinație între factorii geometrici ai ansamblului sculă-piesă și comportarea la ecrusare a materialului. Criteriul de instabilitate rezultă din echilibrul local între creșterea tensiunii aplicate și creșterea capacității de rezistență prin ecrusare $d\sigma/d\varepsilon$. Valori mari ale capacității de ecrusare, în special la valori ale deformației specifice reale situate în apropierea limitei de curgere ($\varepsilon \approx 0,2$), asigură o comportare superioară a materialului în condiții de deformare date. Comparatia din acest punct de vedere a oțelurilor analizate, pentru o valoare egală a rezistenței la rupere de cca 600 N/mm^2 , rezultă din fig. 10.3. Se observă că oțelurile bifazice sînt caracterizate prin capacitate de ecrusare practic dublă comparativ cu cea a oțelurilor convenționale.

Implicațiile pe care le au în procesul de deformare plastică, valorile mari ale rezistenței la rupere specifice oțelurilor analizate sînt comentate cu ajutorul fig. 10.4. În figura respectivă sînt prezentate pentru două

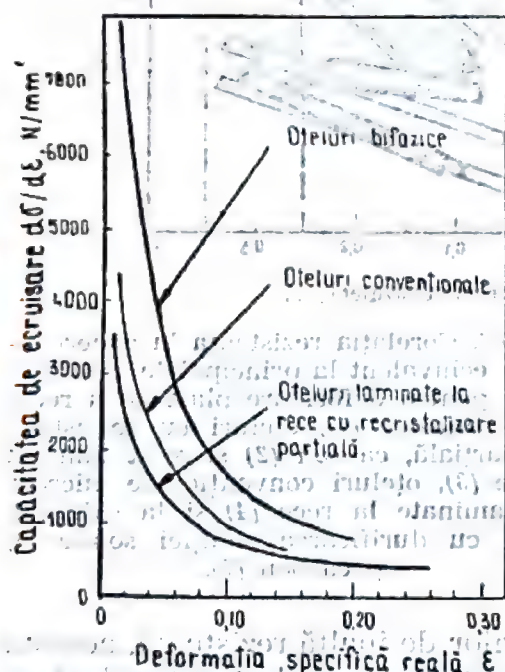


Fig. 10.3. Variația capacității de ecrusare cu deformația specifică reală la oțelurile pentru deformare plastică la rece.

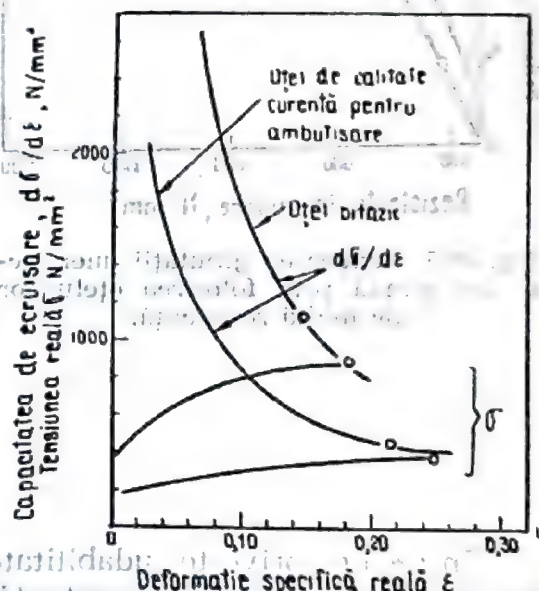


Fig. 10.4. Variația tensiunii reale și a capacității de ecrusare cu deformația specifică reală la oțelurile de calitate curență și oțelul bifazic.

clase de oțeluri și anume oțelul de înaltă rezistență de tip bifazic și oțelul de calitate curență pentru deformare plastică la rece curbele tipice de variație a tensiunii reale σ și a capacității de ecrusare $d\sigma/d\varepsilon$ în funcție de deformația specifică reală ε . Punctele de intersecție dintre curbele respective, corespunzătoare condiției $\sigma = d\sigma/d\varepsilon$, reprezintă deformațiile specifice uniforme care pot fi realizate de fiecare oțel (indicate cu cerceule).

Diagrama arată că asigurarea de către oțelurile de înaltă rezistență a creșterii simultane atât a rezistenței, cât și a plasticității rezultă pe seama capacității ridicate de ecruisare a acestor oțeluri. În condițiile epuizării întregii capacități de deformare elastoplastică a materialului, într-o piesă cu geometrie tip grindă, posibilitățile de reducere a greutății proprii prin utilizarea oțelurilor de rezistență ridicată sînt ilustrate de fig. 10.5.

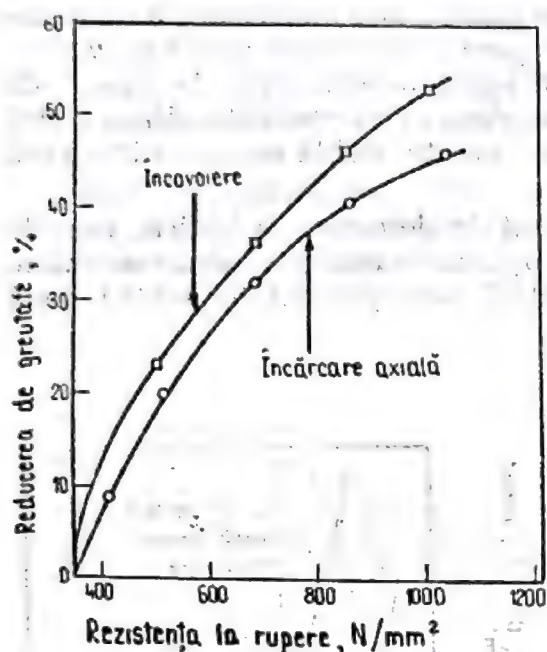


Fig. 10.5. Reducerea greutății unei piese tip grindă prin folosirea oțelurilor de înaltă rezistență.

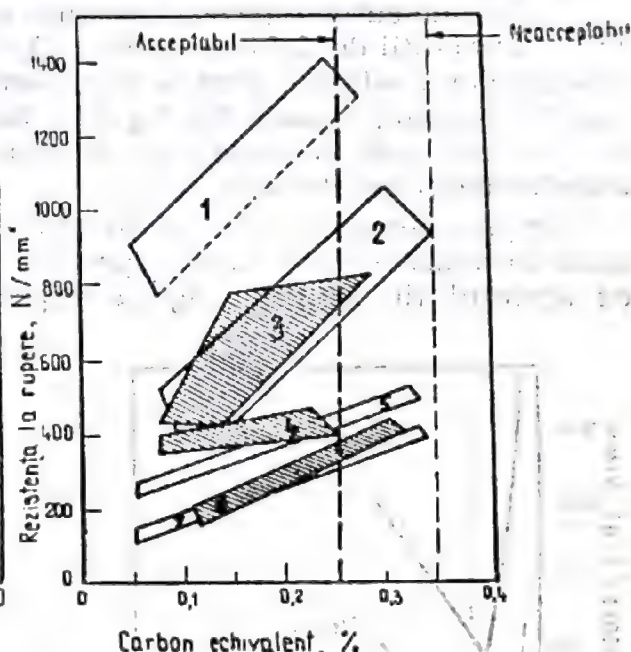


Fig. 10.6. Corelația rezistență la rupere — carbon echivalent la principalele tipuri de oțeluri pentru deformare plastică la rece: oțeluri bifazice (1), oțeluri cu recristalizare parțială, carbon (2) și aliat laminat la rece (3), oțeluri convenționale microaliate laminate la rece (4) și la cald (5), oțeluri cu durificarea soluției solide (6) și carbon (7).

În ceea ce privește sudabilitatea oțelurilor de înaltă rezistență, aceasta depinde într-o măsură importantă de conținutul de carbon echivalent al oțelului. Pentru limitarea gradului de aliere în domeniul acceptabil din punct de vedere tehnic, creșterea de rezistență a oțelului trebuie corelată cu măsuri metalurgice adecvate, așa cum se arată în fig. 10.6 [1]. De asemenea, un rol important, mai ales în domeniul valorilor la limită ale carbonului echivalent, au soluțiile constructive prin care se decide tipul îmbinării sudate și modul de solicitare a acesteia.

În afara rezolvării tehnologice directe, promovarea în utilizare a oțelurilor de rezistență ridicată este condiționată de soluționarea unor aspecte relativ generale. Astfel, reducerea grosimii produselor poate determina scăderea durabilității la coroziune, precum și modificarea comportării la vibrații a pieselor, cu implicații mecanice și acustice la nivelul unui

ansamblu cum este de exemplu o caroserie auto. Estimările prezentate în fig. 1, arată că inclusiv în acest domeniu de utilizare există premise optime. Este de presupus că un rol important îl va avea și tendința de reducere a indicelui mediu de prelucrare prin așchiere a pieselor pe seama promovării prelucrărilor prin deformare la rece (îndoire, ambutisare etc.).

BIBLIOGRAFIE

1. MAGEE, C. L. ș.a. *Automotive Sheet Steels for the 1980-s*. Simp. Climax, Ann Arbor 1980.
2. RIZESCU, C. *Mutații în structura de mărci a siderurgiei*, București, CP MIM 1984, 110 p.
3. CHENDLER, H. E. ș.a. In: *Metal Progress S.U.A.*, nr. 1, 1982, p. 16—28.
4. TOSHIO IRIE, ș.a. In: *Trans. J.S.I.J.*, vol. 21, 1981, p. 802.
5. * * * *Steel Today an Tomorrow*, Japonia, nr. 36, 1983.
6. KERN, R. F. *Steel Selection*. New York, John Wiley & Shons, 1979.
7. INFANTE, L. ș.a. *Vacuum Alloyed and Decarburized Steels (HS—VAD) with superior Formability and Fatigue Resistance*. Versailles, Conf. Int. HSLA Steels, ian. 1979.

Oțeluri rapide, convenabile economic, pentru înlocuirea oțelurilor rapide înalt aliate cu elemente scumpe și deficitare

Prof. dr. ing. Nicolae Geru
Șef lucrări dr. ing. Dan Chircă
Șef lucrări ing. Georgeta Coșmeleață
Șef lucrări dr. ing. Mihai Marin
Șef lucrări ing. Marin Bane
Ing. Maria Schiopu

Institutul Politehnic București
Întreprinderea 23 August București

O componentă importantă a prețului de cost a numeroase produse metalice o reprezintă costul, de multe ori deosebit de mare, al operațiilor de prelucrare prin așchiere, cost determinat în principal de consumul ridicat de scule așchietoare fabricate, de cele mai multe ori, din oțeluri rapide, oțeluri înalt aliate cu elemente scumpe și deficitare cum sînt W, Mo, V etc., conținutul în astfel de elemente ajungînd la multe dintre oțelurile de scule pînă la aproape 25% (de exemplu la oțelul Rp3).

Această situație a impus în ultimele decenii, atît în țara noastră, cît și în întreaga lume, limitarea severă a consumului de scule așchietoare din astfel de oțeluri. Ca urmare, în numeroase țări au fost întreprinse ample cercetări pentru elaborarea unor noi oțeluri rapide, capabile să înlocuiască oțelurile rapide înalt aliate cu elemente scumpe și deficitare cu oțeluri mult mai ieftine. În țara noastră, colective de cercetare de la Institutul Politehnic București Catedra de Metalurgie fizică, Institutul de Cercetări Metalurgice București, Institutul de Cercetări și Proiectări Tehnologice F.A.U.R. — București, Întreprinderea „23 August” București, secția de cercetare și inginerie specializată pe operații tehnologice C.I.S.O.T. au întreprins începînd încă din deceniul 7, ample lucrări pentru rezolvarea acestor probleme de mare importanță pentru economia națională. Colectivul de cercetare de la Institutul Politehnic București, Catedra Metalurgie fizică a colaborat în această problemă cu colectivele de la I.C.E.M., I.C.S.I.T., F.A.U.R. și C.I.S.O.T. — Întreprinderea 23 August București.

În țara noastră cercetările pentru elaborarea unor noi oțeluri rapide care să satisfacă în același timp și cerințele unor caracteristici similare

Compoziția chimică a oțelurilor de referință și a celor studiate

Nr.	Marca oțelului	Compoziție chimică, %											Obs- er- vații
		C	Mn	Si	S max	P max	Cr	Mo	W	V	Nb	Ti	
1	D950	0,85—0,95	0,2%	—	0,025	0,02	3,8—4,4	4,8—5,5	1,0+2,0	1,0—2,0	—	—	Oțeluri
2	Rp5	0,75—0,85	Max. 0,4	0,2—0,4	0,02	0,025	3,8—4,4	4,8—5,3	6—7	1,7—2,1	—	—	de re-
3	RV12	1,0—1,2	0,2—0,45	0,2—0,4	0,026	0,02	3,8—4,4	1,0—1,2	11,5—12,5	2,0—3,0	—	—	ferință
4	Rp3	0,7—0,8	Max. 0,45	0,2—0,4	0,02	0,025	3,8—4,4	Max. 0,6	17,5—19,5	1,0—1,4	—	—	—
5	D950+	0,85—0,95	0,2—0,45	0,7—0,9	0,025	0,025	3,8—4,4	4,8—5,5	1,0—2,0	1,0—2,0	—	—	Oțeluri
6	Rp5+	0,8—0,95	0,2—0,45	0,7—0,9	0,02	0,025	3,8—4,4	4,8—5,3	5,0—6,0	1,7—2,1	—	—	stu-
7	Rp5 cu 4% V	1,0—1,3	0,2—0,45	0,2—0,45	0,025	0,02	3,8—4,4	4,8—5,3	5,0—6,0	3,5—4,5	—	—	di- ate
8	Rp5+	0,85	0,40	0,43	0,021	0,020	4,2	5,33	6,46	1,85	0,50	—	—
9	Rp5+	0,85	0,40	0,43	0,021	0,020	4,2	5,33	6,46	1,85	0,85	—	—
10	Rp5+	0,85	0,40	0,43	0,021	0,020	4,2	5,33	6,46	1,85	1,09	—	—
11	Rp5+1,5 % Nb	0,85	0,40	0,43	0,021	0,020	4,4	5,33	6,46	1,85	1,5	—	—
12	RV3—3— —1+	1,02	0,24	0,54	0,005	0,025	4,09	3,05	3,1	0,93	3	—	—
13	Rp5+	0,82	0,43	0,41	0,021	0,019	3,85	5,38	6,8	2,09	—	0,36	—
14	Rp5+	0,85	0,45	1,1	0,024	0,020	3,75	5,23	6,71	2,20	—	0,45	—
15	Rp5+	0,76	0,35	0,85	0,023	0,019	3,93	5,40	6,50	2,20	—	—	—
16	Rp5 cu 1% V+0,8% Si	0,76	0,35	0,85	0,023	0,019	3,93	5,40	6,50	1,12	1,05	—	—
17	RV12+	1,08	0,23	0,41	0,020	0,019	3,50	1,23	11,03	2,41	—	0,31	—
18	RV12+	1,09	0,23	0,42	0,025	0,020	3,85	1,25	12,03	2,90	1,14	—	—

sau superioare oțelurilor rapide clasice și cerințele unei alieri mai convenabilă economic, au fost orientate în principal, în următoarele direcții:

a) alierea suplimentară a oțelurilor de tip Rp5 (oțeluri cu circa 6% W, 2% V și 5% Mo) cu unul sau mai multe din elementele: siliciu, vanadiu, niobiu sau titan.

b) alierea suplimentară a oțelurilor rapide de tip RV 12 (oțeluri cu circa 12% W, 1,5% Mo și 2,5% V) cu niobiu sau titan.

c) alierea suplimentară a oțelurilor de tip D950 (oțeluri cu 5% Mo; 1,5% W și 2% V) cu siliciu.

d) elaborarea unor oțeluri cu conținut scăzut în wolfram și molibden (circa 3% W și 3% Mo) și conținut ridicat în niobiu (circa 3%).

În cazul unor oțeluri caracterizate prin conținuturi în vanadiu mai mari decât din oțelurile de bază s-a procedat și la creșterea conținutului în carbon.

Toate aceste încercări au urmărit în principal obținerea de oțeluri rapide mai convenabil aliate, cu caracteristici tehnologice și de exploatare îmbunătățite astfel încât să fie posibilă înlocuirea totală sau parțială a unora dintre oțelurile clasice ca de pildă a oțelurilor Rp5 și Rp3 (circa 18% W, 4% Cr și 1% V). Compoziția chimică pentru o parte dintre oțeluri este prezentată în tabelul 11.2.

Tabelul 11.2

Proporția de ledeburită și mărimea grăuntelui primar de austenită pe probe prelevate din mijlocul fiecărui lingou

Marca oțelului	Proporția de ledeburită, %	Mărimea grăuntelui primar de austenită, μ m		Observații
		la 1/2 din raza probei	în centrul probei	
D950	6,8	70	82	Oțeluri de referință
Rp5	13,84	72	88	
RV12	16,62	86	82	
Rp3	20,10	88	92	
D950+0,8% Si	6,2	68	80	Oțeluri studiate
Rp5+0,8% Si	7,64	64	82	
Rp5 cu 4% V	12,42	89	77	
Rp5+0,5% Nb	11,82	71	82	
Rp5+0,8% Nb	7,82	79	85	
Rp5+1% Nb	7,84	69	80	
Rp5+1,5% Nb	7,3	68	79	
RV3—3+3% Nb	7,1	67	78	
Rp5+0,4% Ti	11,69	85	104	
Rp5+1% Si+0,5% Ti	9,85	81	95	
Rp5+0,8% Si+1% Nb	8,74	65	69	
Rp5 cu 1% V+0,8% Si+1% Nb	8,35	65	68	
RV12+0,3% Ti	15,11	86	106	
RV12+1% Nb	14,78	60	64	

Tabelul 11.3

Punctajul segregăției de carburi pentru probe din mijlocul fiecărui lingou

Marca oțelului	Clasa dimensională mm	Punctajul segregăției de carburi în secțiune longitudinală		Punctajul segregăției de carburi, în secțiune transversală
		În centrul probel	La marginea probel	
D950	Ø20	3	4	62.02
Rp5	Ø30	5	6	62.03
RV12	Ø30	5	6	62.05
Rp3	Ø20	6	7	62.06
D950+0,8% Si	Ø20	2	3	62.01
Rp5+0,8% Si	Ø30	2	4	62.01
Rp5 cu 4% V	Ø20	5	6	62.03
Rp5+0,5% Nb	Ø30	5	5	62.02
Rp5+0,8% Nb	Ø30	5	5	62.02
Rp5+1% Nb	Ø30	4	5	62.02
Rp5+1,5% Nb	Ø30	4	5	62.02
RV3—3+3% Nb	Ø20	2	3	62.01
Rp5+0,4% Ti	Ø30	3	5	62.02
Rp5++1,1% Si+ 0,5% Ti	Ø30	2	4	62.01
Rp5+0,8% Si+ 1% Nb	Ø30	2	4	62.01
Rp5 cu 1% V+ 0,8% Si+1% Nb	Ø30	2	3	62.01
RV12+0,3% Ti	Ø30	4	5	62.03
RV12+1% Nb	Ø30	3	4	62.02

lurile care au făcut obiectul cercetărilor desfășurate de colectivul din Catedra de Metalurgie Fizică a Institutului Politehnic București în colaborare cu colectivele de cercetare din institutele mai înainte amintite este dată în tabelul 1, care conține și compozițiile chimice pentru oțelurile de referință care au fost folosite pentru comparație (D950, Rp5, RV12 și Rp3).

Oțelurile au fost elaborate atât în condiții de laborator (cuptor cu inducție de 50 kg și turnate în lingouri de 27,5 kg) cât și în condiții industriale (cuptor electric de 5 t și turnare în lingouri de 270 kg). Parte din lingouri au fost utilizate pentru studierea materialului în starea obținută prin turnare, parte au fost forjate sub formă de bare cu secțiunea pătrată sau circulară de diferite dimensiuni (de la 14 la 80 mm). Din lingouri și din barele forjate au fost confecționate probe pentru:

- Caracterizarea materialului în stare turnată (proportia de ledeburită, mărimea grăuntelui primar de austenită);
- Caracterizarea materialului forjat și recopt (segregație de carburi în secțiune longitudinală și transversală);
- Determinarea caracteristicilor fizice (intervale de forjare la încălzire și răcire) a temperaturii de austenitizare, a intervalului pentru austenitizare, duritatea H.R.C. și reziliența după revenire);

e) Determinarea caracteristicilor tehnologice (stabilitatea dimensională și susceptibilitatea la supraîncălzire și fisurare).

Rezultatele determinărilor efectuate sînt date în tabelele 2...8.

Pentru studierea comparativă a comportării în exploatare a oțelurilor din barele forjate au fost confecționate și diferite scule de așchiere. Dintre acestea se menționează freze cilindrice, freze frontale, freze disc, cuțite de strung pentru degroșat, cuțite de strung pentru finisat și diferite burghie. Ca principal criteriu de apreciere a comportării unei scule în procesul de așchiere a fost adoptat criteriul de durabilitate, prin durabilitatea T a sculei așchietoare înțelegînd timpul de prelucrare pînă la care se produce o uzură VB pe fața de așezare în valoarea prestabilită; în general se adoptă ca uzură prestabilită, uzura catastrofală. Cîteva rezultate obținute la prelucrarea unor piese confecționate din diferite oțeluri, cu scule din oțelurile studiate sînt prezentate în fig. 11.1—11.3.

Din rezultatele prezentate se desprind cîteva concluzii de mare importanță practică. Dintre acestea se menționează:

a) Oțelurile studiate prezintă caracteristici structurale și tehnologice similare sau superioare oțelurilor rapide clasice. Astfel, în comparație cu oțelurile de referință oțelurile studiate prezintă o proporție mai scăzută de ledeburită, cu excepția oțelurilor aliate suplimentar cu titan, un grăunte primar de austenită mai fin. Segregația de carburi este în general mai mică, carburile fiind mai fine și mai uniform distribuite.

Tabelul 11.4

Intervalele de transformare la încălzire și răcire ale oțelurilor de referință și ale celor studiate

Marca oțelului	Intervalul de transformare Perlită \rightleftharpoons Austenită (transformarea la încălzire) °C	Intervalul de transformare Austenită \rightleftharpoons Perlită (transformare la răcire) °C
D950	820—870	780—725
Rp5	840—970	810—760
RV12	840—885	765—715
Rp3	860—1 010	820—780
D950+0,8% Si	810—865	760—710
Rp5+0,8% Si	810—875	785—730
Rp5 cu 4% V	815—870	795—725
Rp5+0,5% Nb	850—1 000	840—750
Rp5+0,8% Nb	850—1 010	820—730
Rp5+1% Nb	850—1 010	820—730
Rp5+1,5% Nb	850—1 010	820—730
RV3—3+3% Nb	870—1 030	820—730
Rp5+0,4% Ti	840—1 000	830—760
Rp5+1% Si+0,5% Ti	830—890	810—750
Rp5+0,8% Si+1% Nb	840—925	840—760
Rp5 cu 1% V+0,8% Si+1% Nb	840—900	830—780
RV12+0,3% Ti	860—890	820—760
RV12+1% Nb	870—960	780—710

Duritatea HRC și mărimea grăunțului de austenită, în funcție de temperatura de austenitizare, a oțelurilor de referință și a celor studiate

Marca oțelului	Mărimea detentă	Temperaturile de austenitizare, °C										Intervalul de austenitizare al oțelului
		1 180	1 190	1 200	1 220	1 240	1 250	1 270	1 280			
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
D950	HRC										1 130—1150	
	Mărimea grăunțului	8										
Rp5	HRC										1 190—1 230	
	Mărimea grăunțului	61 16	63 14	64,5 13	63 12	60 10						
RV12	HRC										1 220—1 260	
	Mărimea grăunțului			64 18	64,5 16	65 14		65 12	65,5 10			
Rp3	HRC										1 250—1 230	
	Mărimea grăunțului			61 18	61,5 16	62 14	63 13	64 12	64 12			
D950 + 0,8% Si	HRC	61 59									1 120—1 160	
	Mărimea grăunțului	9										
Rp5 + 0,8% Si	HRC										1 180—1 210	
	Mărimea grăunțului	65,5 16	65 15	64 14	62 11	62 8						
Rp5 cu 4% V	HRC										1 190—1 220	
	Mărimea grăunțului		64 18	64,5 17	65 16	64 14	63 10	62 9				

Tabelul 11.5 (continuare)

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rp5+1% Nb	HRC Mărima grăuntelui	64 19	65 19	65,5 18	66 16	65,5 14	64 10	— —	— —	1 200—1 250
Rp5+1,5% Nb	HRC Mărima grăuntelui	65 20	65 19	66 18	66,5 16	66,5 15	66 14	65 13	— —	1 200—1 260
RV3—3+3% Nb	HRC Mărima grăuntelui	64 21	— —	65 19	65,5 19	66 17	66,5 16	66,5 16	66,5 15	1 220—1 280
Rp5+0,4% Ti	HRC Mărima grăuntelui	63 16	63,5 15	65 12	63 11	59 9	— —	— —	— —	1 180—1 210
Rp5+1% Si+ 0,5% Ti	HRC Mărima grăuntelui	64 15	65 14	65 12	63 11	61 9	— —	— —	— —	1 180—1 210
Rp5+0,8% Si+ 1% Nb	HRC Mărima grăuntelui	61 17	62,5 17	65 16	65 14	64 12	63 10	— —	— —	1 200—1 240
Rp5 cu 1% V+ 0,8% Si+ 1% Nb	HRC Mărima grăuntelui	62 17	62,5 16	63,5 16	65 15	64 14	63 12	— —	— —	1 200—1 240
RV12+0,3% Ti	HRC Mărima grăuntelui	64 18	64,5 17	65 17	65 15	64 12	— —	— —	— —	1 210—1 240
RV12+1% Nb	HRC Mărima grăuntelui	64,5 20	64,5 18	65 19	65 16	65 14	— —	— —	— —	1 220—1 280

Tabelul 11.6

Susceptibilitatea la fisurare a oțelurilor de referință și a celor studiate

Marea oțelului	Călire de la temperatura de °C	Momentul fisurării probelor cu secțiunea de 15×15 mm
D950	1 280	Fără fisuri după călirea a V-a
Rp5		Călirea a IV-a
RV12		Călirea a IV-a
Rp3		Călirea a IV-a
D950+0,8% Si	1 150	Fără fisuri după călirea a V-a
Rp5+0,8% Si	1 200	Călirea a V-a
Rp5 cu 4% V	1 220	Călirea a IV-a
Rp5+0,3% Nb		Călirea a IV-a
Rp5+0,8% Nb		Călirea a V-a
Rp5+1,0% Nb	1 250	Călirea a V-a
Rp5+1,5% Nb		Călirea a V-a
RV3-3-3+3% Nb		Fără fisuri după călirea a V-a
Rp5+0,4% Ti	1 220	Călirea a IV-a
Rp5+1,1% Si+0,5% Ti		Călirea a IV-a
Rp5+0,8%+1% Nb+1% V		Călirea a IV-a
RV12+0,3% Ti	1 240	Călirea a IV-a
RV12+1% Nb	1 270	Călirea a IV-a

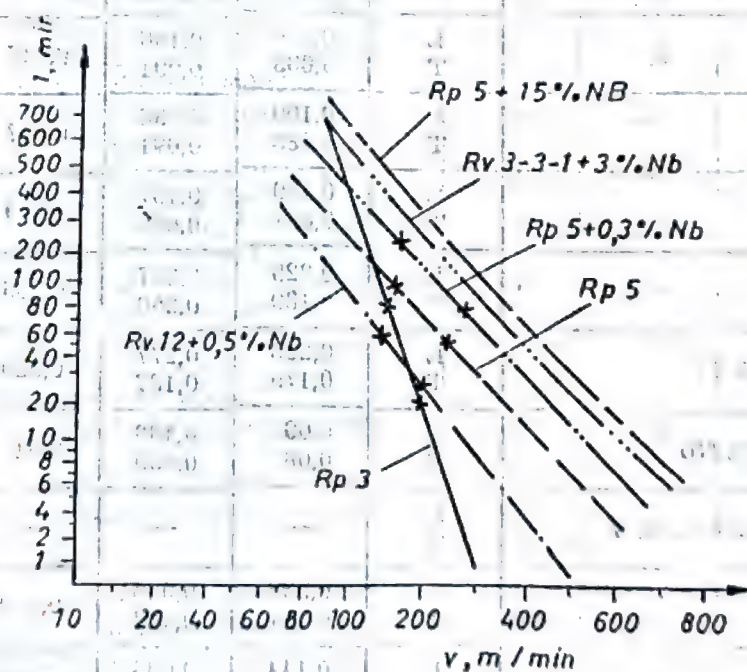


Fig. 11.1. Variația cu viteza de așchiere v , m/min, a durabilității T a unor cuțite de strung confecționate din diferite oțeluri rapide, pentru uzura $VB=0,25$ mm.

Tabelul 11.7

Stabilitatea dimensională a oțelurilor de referință și a celor studiate

Marca oțelului	Poziția de determinare	Stabilitatea dimensională			
		$[\Delta\Phi], \%$	$[\Delta L], \%$	$[\Delta\Phi_L - \Delta\Phi_T], \%$	$[\Delta L_L - \Delta L_T], \%$
D950	L* T	0,201 0,199	0,170 0,168	0,002	0,029
Rp5	L T	0,118 0,093	0,106 0,095	0,025	0,011
RV12	L T	0,121 0,082	0,116 0,107	0,039	0,009
Rp3	L T	0,364 0,236	0,576 0,483	0,128	0,093
D950+0,8% Si	L T	0,251 0,174	0,181 0,143	0,077	0,038
Rp5+0,8% Si	L T	0,195 0,153	0,183 0,083	0,042	0,100
Rp5 cu 4% V	L T	0,145 0,072	0,126 0,077	0,073	0,049
Rp5+0,5% Nb	L T	0,238 0,180	0,408 0,374	0,058	0,034
Rp5+0,8% Nb	L T	0,110 0,091	0,138 0,072	0,019	0,066
Rp5+1% Nb	L T	0,100 0,083	0,136 0,091	0,017	0,045
Rp5+1,5% Nb	L T	0,100 0,083	0,136 0,091	0,017	0,045
RV3—3+3% Nb	L T	0,100 0,081	0,137 0,089	0,019	0,048
Rp5+0,4% Ti	L T	0,225 0,189	0,377 0,250	0,036	0,127
Rp5+1,0% Si+0,5 Ti	L T	0,208 0,179	0,277 0,187	0,029	0,090
Rp5+0,8 %Si+1% Nb	L T	0,09 0,08	0,100 0,080	0,01	0,020
Rp5+0,8 Si+1% Nb+1% V	L T	— —	— —	— —	— —
RV12+0,3% Ti	L T	0,333 0,231	0,546 0,482	0,102	0,064
RV12+1% Nb	L T	0,144 0,066	0,083 0,019	0,078	0,064

* L — longitudinal; T — transversal; $\Delta\Phi$ — variația diametrului; ΔL — variația lungimii probei.

b) Unele dintre oțelurile studiate, oțelurile aliate cu niobiu, au un interval de austenitizare pentru călire mai mare decât oțelul Rp5, de același ordin de mărime cu cel al oțelului Rp3; influența pozitivă a niobiului asupra caracteristicilor mai înainte menționate este cu atât mai puternică cu cât conținutul de niobiu este mai ridicat. Toate oțelurile studiate prezintă susceptibilitate la fisurare și la deformare comparabile sau superioare oțelurilor de referință; în acest caz cele mai bune rezultate se

Tabelul 11.8

Duritatea HRC și reziliența după tratamentul termic final și stabilitatea la cald a oțelurilor de referință și a celor studiate

Marca oțelului	Tratamentul termic aplicat	Duritatea, HRC	Reziliența, daJ/mm ²	Valorile durității HRC după încălziri suplimentare la	
				620°C	640°C
D 950	Călire de la 1 130°C și triplă revenire la 530°C	64	2,0	59,5	55
Rp5	Călire de la 1 200°C și triplă revenire la 550°C	64	2,0	60	57
Rp3	Călire de la 1 280°C și triplă revenire la 570°C	66	1,0	61	58
D950 + +0,8% Si	Călire de la 1 150°C și triplă revenire la 540°C	64	3,4	60,5	55
Rp5 + +0,8% Si	Călire de la 1 200°C și triplă revenire la 540°C	66	2,8	62,5	60
Rp5 cu 4% V	Călire de la 1 220°C și triplă revenire la 550°C	66	2,0	60,5	58
Rp5 + +0,5% Nb	Călire de la 1 220°C și triplă revenire la 550°C	66	2,4	61	60
Rp5 + +0,8% Nb	Călire de la 1 250°C și triplă revenire la 560°C	66	2,8	61,5	60
Rp5 + +1% Nb	Călire de la 1 250°C și triplă revenire la 560°C	67	2,8	62,0	60
Rp5 + +1,5% Nb	Călire de la 1 250°C și triplă revenire la 560°C	67	3,0	62,5	61
RV3—3 + +3% Nb	Călire de la 1 260°C și triplă revenire la 560°C	67	3,2	63	61
Rp5 + +0,4% Ti	Călire de la 1 220°C și triplă revenire la 560°C	66	2,4	62	60
Rp5 + +1% Si + +0,5% Ti	Călire de la 1 220°C și triplă revenire la 560°C	66	2,6	62,0	60,0
Rp5 + +1,1% Si + +1% Nb	Călire de la 1 240°C și triplă revenire la 550°C	66	2,7	62,0	60,0
Rp5 + 0,8% Si + +1% Nb + +1% V	Călire de la 1 240°C și triplă revenire la 550°C	66	2,8	62,0	60,0
RV12 + +0,3% Ti	Călire de la 1 240°C și triplă revenire la 540°C	67	1,4	62,5	61
RV12 + +1% Nb	Călire de la 1 270°C și triplă revenire la 560°C	68	1,8	62	61

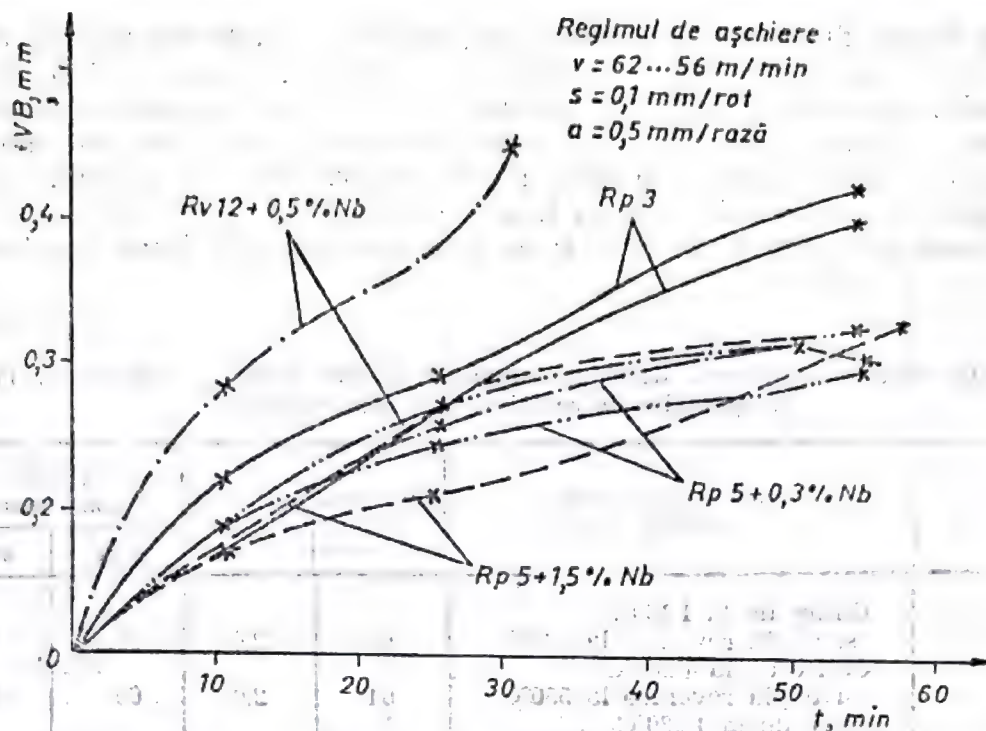


Fig. 11.2. Variația cu timpul t a uzurii VB a unor cuțite confecționate din diferite oțeluri rapide, la strunjirea unor probe din oțel OLC 45.

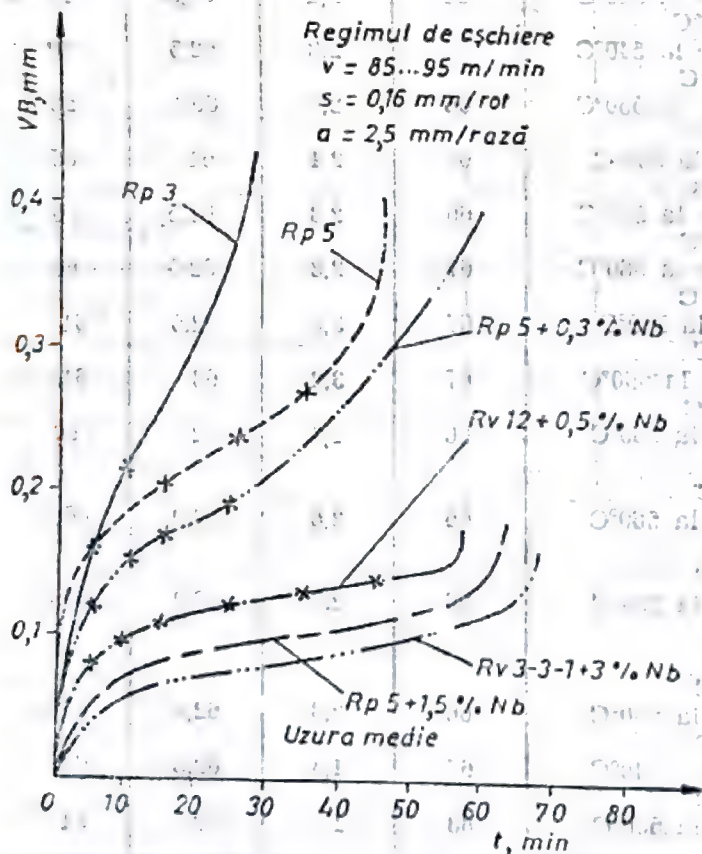


Fig. 11.3. Variația cu timpul t a uzurii VB a unor cuțite confecționate din diferite oțeluri rapide, la strunjirea unor probe din fontă Fc 25.

obțin la oțelurile cu siliciu sau cu niobiu. Stabilitatea la cald este egală sau superioară oțelurilor de referință, cele mai bune rezultate obținându-se la oțelurile aliate cu siliciu, cu niobiu sau cu titan. Durabilitatea este în toate cazurile superioară oțelurilor de referință. Și în acest caz cele mai bune rezultate se obțin la oțelurile cu niobiu care au o durabilitate cu atât mai mare cu cât conținutul în niobiu este mai ridicat, ele putând fi utilizate în regimuri mai aspre de aşchiere chiar decât sculele din oțelurile Rp 3.

Rezultatele obținute arată și faptul că sînt numeroase regimuri de prelucrare în care oțelurile studiate pot înlocui oțeluri clasice, oțeluri ne-economice aliate. Dintre toate oțelurile studiate cele mai interesante caracteristici tehnico-economice le prezintă oțelurile rapide aliate cu niobiu.

BIBLIOGRAFIE

1. KUDIELKA, HEINZ. Cercetări privind difracția razelor X asupra transformării fazelor la oțelurile rapide de tip 6—5—2 aliate cu niobin. Düsseldorf, Heft, 1980.
2. NAUMANN, F. K. In: Das Eisenhüttenwesens, nr. 51, 1980.
3. ZMIHORSKI, EDWARD. Tendințe de utilizarea economică a oțelurilor rapide. In: Mechanik, nr. 5—6, 1984.
4. HAUFÉ, W. Schnellarbeitsstähle. München, 1972.
5. DIERGARTEN, H. Das Industrie blatt, Ed. 63, nr. 3, 1963, pag. 137—149.
6. ROBERTS, G. A., HAMAHÉ, Jr., J. C., JOHNSON, A. R. Toolsteels. Ansicon Society for Metals, Metals Boru, Owo, 1962.
7. MEYER, R. Evolution des outils de coupe, aciers rapides et métaux durs. Paris, Pechinay Usine Kuhlman, 1970.
8. GERU, N., DULĂMIȚĂ, T., URSACHE, M., CHIRCA, D., MARIN, M., BANE, M. BANE, M. Contribuții la asimilarea unor noi mărci de oțeluri rapide. In: Buletinul IPB, seria Chimie — Metalurgie, Tom XLI nr. 1, 1979.
9. GERU, N., DULĂMIȚĂ, T., URSACHE, M., FLORIAN, E., CHIRCA, D., COJOCARU, M., OPRIS, C., MIHAI, M., DOBRE, R. In: Studii și cercetări de metalurgie, 1973, p. 99—117.
10. GERU, N., DULĂMIȚĂ, T., URSACHE, M., CHIRCA, D., MARIN, M., ILIESCU, P., OPRIS, C., GROSU, R. In: Construcția de mașini, nr. 1, 1976, p. 5—11.
11. GERU, N., FLORIAN, E., URSACHE, M., In: Construcția de mașini, nr. 11, 1977, p. 558—561.
12. GERU, N., DULĂMIȚĂ, T., URSACHE, M., FLORIAN, E., CHIRCA, D., COJOCARU, M., OPRIS, C., NICA, M., GROSU, R. In: Studii și cercetări de Metalurgie, 1973, p. 63—75.
13. BUNGARDT, K., Stahl und Eisen, nr. 3, feb. 1966, p. 150—110.
14. BRIEFS, H., In: Schweitzer Archiv (Elveția), 29, nr. 12, dec. 1963, p. 413—417.
15. KRENELER, K. A. In: Stahl u. Eisen, 78, 1958, p. 1575—1588.
16. MULDER, O., NICHEL, M. G. In: Technische Berichte 2, Heft 1, 1962, p. 7—15.
17. HOUDREMONT, E. Handbuch der Sonderstahlkunde. Dusseldorf, Springer-Verlag, 1956.
18. LEVEQUE, R., JOLLY, P. Aciers spectraux, nr. 47, aug. 1929, p. 14—24.
19. GIACOMELI, I., Teză de doctorat. Brașov, Universitatea, 1979.
20. MAZUR, A., KRAEIER, J. In: Hutric, 38, nr. 2, 1971, p. 103—111.
21. ALEXANDROVICI, B. C. In: Met. i term. ob. met., nr. 1, 1968, p. 2—7.
22. MULDER, O., In: DEW Tech. Ber. Ed. 4 (1964), nr. 2, p. 84.
23. I. P. Gi 11, Trans. Amer. Soc. Metals, vol. 24 (1936), 735—782.
24. GERU, N. ș.a. Studii IPB. București, Institutul Politehnic, 1979—1986.

Proprietăți și aplicații ale lichidelor magnetice

Acad. prof. dr. ing. *Ioan Anton*

Prof. dr. ing. *Ioan De Sabata*

Dr. cercet. șt. pr. *Ladislau Vékás*

Institutul Politehnic „Traian Vuia” Timișoara

1. Introducere

Lichidele obișnuite nu au proprietăți magnetice adecvate pentru a fi manevrate ușor prin acțiunea unui câmp magnetic. Un mediu lichid cu asemenea proprietăți prezintă interes practic deosebit, motiv pentru care, cu peste două decenii în urmă, la N.A.S.A., au fost sintetizate primele lichide magnetice — suspensii coloidale ultrastabile de particule magnetice — care, într-o primă aproximație, se comportă ca un lichid cvasiomogen cu susceptibilitate magnetică relativ ridicată.

Lichidele magnetice sau ferrofluidele (denumite și fluide magnetice) au trei componente principale: lichid de bază (în principiu orice lichid), particule magnetice ultrafine (de regulă, Fe_3O_4 , Fe sau Co) și stabilizant (o substanță tensioactivă cu lanț lung), ce acoperă fiecare particulă cu un strat monomolecular.

Datorită dimensiunii foarte reduse a particulelor magnetice ($\leq 100 \text{ \AA}$) și a stratului de stabilizant solubil în lichidul de bază, particulele se integrează practic în structura lichidului, fapt ce le conferă proprietățile unui „lichid magnetic” chiar și în prezența unui câmp magnetic puternic și neuniform, cu acțiune destabilizantă asupra oricărei suspensii magnetice obișnuite.

Cu toate dificultățile întâmpinate în realizarea unor lichide magnetice de calitate, o dată cu implementarea de către firma americană „Ferrofluidics” a primei direcții de aplicație, etanșările mobile magnetofluidice, domeniul lichidelor magnetice s-a dezvoltat rapid, fiind astăzi bine conturat și practic de sine stătător.

Această dezvoltare impetuoasă, respectiv marea diversitate a aplicațiilor, de la etanșări și separatoare magnetofluidice, până la utilizarea lichidelor magnetice în biologie și medicină, se poate urmări în special în materialele conferințelor internaționale de fluide magnetice [1—4], care, începând din anul 1977, se țin în mod regulat. De asemenea, într-o serie

de lucrări de sinteză, din care câteva titluri mai importante sînt indicate în bibliografie [5—12], sînt prezentate principalele rezultate științifice și aplicative referitoare la lichidele magnetice. În [2, 3] se poate găsi lista articolelor și brevetelor apărute pînă la data desfășurării conferințelor respective.

La noi în țară, cercetările în acest domeniu au fost începute încă din anul 1972, de colectivul de cercetare de la Centrul de Fizică Tehnică și Institutul Politehnic din Iași, iar din anul 1975 și de colectivul de la Institutul Politehnic din Timișoara, urmate apoi de alte grupuri de cercetare de la o serie de institute de cercetare-proiectare, respectiv întreprinderi producătoare (Institutul de Mine Petroșani, I.C.P.M.N. Baia-Mare, I.C.P.E. București, I.M.P.F. Odorhei, „Electrobanat“ Timișoara ș.a.). Rezultatele acestor cercetări au fost prezentate și dezbătute la manifestări științifice consacrate domeniului, organizate la I. P. Timișoara [13, 14], cu participarea specialiștilor de la institutele și întreprinderile amintite mai sus, precum și la o serie de sesiuni cu tematică mai generală. Unele rezultate au fost prezentate și la manifestări științifice internaționale [15—21].

Această lucrare, prin expunerea cîtorva aspecte fundamentale ale dinamicii lichidelor magnetice și a unor aplicații, desigur fără a epuiza nici pe departe subiectul, încearcă să ilustreze multiplele posibilități de aplicație oferite de acest fascinant domeniu modern al magnetohidrodinamicii.

2. Obținerea fluidelor magnetice

În principiu, orice lichid (conductor sau neconductor) poate constitui baza unui fluid magnetic. Cel mai des se utilizează hidrocarburi, uleiuri siliconice, apa, diesteri, polifenileteri, fluorocarbură, esteri ș.a., respectiv mercur, în funcție de aplicația urmărită. Stabilitatea unui fluid magnetic este asigurată de dimensiunea foarte redusă ($\leq 100\text{\AA}$) a particulelor magnetice (Fe_3O_4 , Fe, Co), dispersate în lichidul de bază, deoarece mișcarea browniană se opune eficient tendinței de aglomerare și de sedimentare a particulelor. Aglomerările sînt rezultatul interacțiunilor magnetice sau de tip London dintre particule, iar sedimentarea este favorizată de cîmpul gravitațional sau de acțiunea cîmpurilor magnetice puternice și neuniforme. Menținerea stabilității în aceste condiții se realizează prin stabilizare sterică (în medii organice), electrostatică (în medii apos) sau prin inhibarea creșterii difuzive a particulelor cu diferite adaosuri metalice (în mercur) [6]. Îndeplinirea condițiilor amintite, realizarea de particule magnetice ultrafine și acoperirea lor cu stratul stabilizant, face procesul de obținere a fluidelor magnetice complex și dificil, astfel că, deocamdată, ele se comercializează doar de cîteva firme, la prețuri ridicate.

În funcție de natura lichidului de bază și a solidului magnetic dispersat, au fost elaborate numeroase procedee de obținere [1—6]. Primele li-

chide magnetice s-au realizat prin măcinarea umedă, timp îndelungat (peste 1 000 de ore) a magnetitei [5, 6], metodă aplicată pe scară largă în special de firma americană „Ferrofluidics”. Ulterior s-a răspândit metoda precipitării chimice [5, 6], mult mai eficientă, care permite obținerea unei game largi de fluide magnetice, la un preț acceptabil. Cu unele modificări și perfecționări cu caracter original, această metodă, împreună cu cea a schimbării bazei și a dublei stabilizări, se aplică și la I. P. Timișoara [14, p. 1—22].

Caracteristicile magnetice de bază ale fluidelor magnetice, susceptivitatea magnetică inițială χ_m și magnetizația de saturație M_s sînt proporționale cu fracția volumică ϕ a particulelor. Ținînd cont de grosimea stratului de stabilizant (10—20 Å) și de păstrarea caracteristicilor de fluid, concentrația maximă este de aproximativ $\phi=0,5$, ceea ce corespunde la $M_s \approx 170$ kA/m (2 100 Gs), în cazul magnetitei și la $M_s \approx 380$ kA/m (4 800 Gs), respectiv $M_s \approx 440$ kA/m (5 500 Gs), în cazul particulelor de Co și Fe [22]. Deocamdată numai în cazul lichidelor cu particule de magnetită s-a reușit obținerea unor valori apropiate de limita indicată, cercetările fiind îndreptate spre realizarea unor lichide magnetice concentrate cu particule de Co și Fe [6, 9].

În cadrul Institutului Politehnic „Traian Vuia” din Timișoara (I.P.T.V.T.) se realizează, prin microproducție, o gamă largă de fluide magnetice pe bază de hidrocarburi, diesteri, apă și diferite uleiuri minerale și sintetice, cu caracteristici reologice și magnetice similare cu cele ale produselor străine [14], asigurînd astfel baza materială a cercetărilor și aplicațiilor în cele mai diverse domenii.

3. Structura și proprietățile fluidelor magnetice

Fluidele magnetice fiind medii bifazice, suspensii coloidale ultra-stabile, comportarea lor macroscopică este determinată de o serie de procese ce se desfășoară la nivel microscopic, iar acuratețea descrierii diferitelor fenomene specifice, ce se desfășoară sub acțiunea cîmpurilor magnetice, staționare sau variabile în timp, depinde de gradul în care modelul teoretic de lichid magnetic adoptat ține cont de caracteristicile micro-structurale.

Modele teoretice asociate lichidelor magnetice

Procesul de magnetizare a lichidelor magnetice, fundamental pentru toate cazurile concrete, înseamnă la nivelul microscopic, orientarea momentelor magnetice ale particulelor subdomenice individuale, proces ce implică o serie de interacțiuni: a cîmpului exterior cu momentele magnetice ale particulelor, a momentului magnetic cu corpul particulei, a particulelor cu matricea lichidă viscoasă și a particulelor dipolare între ele.

Orientarea momentului magnetic \bar{m} relativ la corpul particulei de volum V este determinată de raportul dintre energia de anizotropie $K_a V$ și cea a agitației termice kT (k — constanta lui Boltzmann), $\zeta = K_a V / kT$ [11], constanta de anizotropie efectivă K_a incluzînd atît anizotropia cristalină, cît și pe cea de formă. Gradul de orientare a momentului magnetic \bar{m} față de direcția cîmpului magnetic efectiv local \bar{H} poate fi caracterizată prin coeficientul $\xi = \mu_0 m H / kT$, $\mu_0 m H$ fiind energia potențială magnetică a particulei. Interacțiunile dipolare, respectiv importanța lor relativ la agitația termică, se caracterizează prin $\lambda = \mu_0 m^2 / d^3 kT$, unde $\mu_0 m^2 / d^3$ corespunde energiei de interacțiune dipolară maximă între două particule de diametru d .

Dacă anizotropia particulelor este neglijabilă, respectiv acestea sînt foarte fine, atunci $\zeta < 1$ și orientarea momentelor magnetice nu este corelată cu poziția particulelor (efectul Néel), astfel că relaxarea magnetizării se face cu timpul caracteristic $\tau_N \cong 10^{-9} \exp. (K_a V / kT) \ll 1$. În schimb, dacă $\zeta \gg 1$, $\tau_N \rightarrow \infty$ și momentele magnetice sînt rigid legate de particule. Relaxarea magnetizării implică rotirea însăși a particulelor în matricea lichidă de viscozitate η_0 , procesul avînd timpul caracteristic de tip brownian $\tau_B \cong 3V\eta_0 / kT$.

Se observă că, indiferent de tipul procesului prin care se atinge starea de echilibru a orientării momentelor magnetice dintr-un lichid magnetic, fluctuațiile termice au un rol determinant.

În cadrul *modelului cuasistacionar izotrop* [10, 11], caracterizat prin $\zeta < 1$ ($\tau_N \rightarrow 0$), $\lambda < 1$, $\phi \ll 1$, aspectul amintit mai sus se concretizează prin posibilitatea aplicării teoriei lui Langevin la calculul magnetizației, adică lichidele din această categorie sînt medii superparamagnetice.

În multe privințe mediul descris de acest model este un lichid magnetic „ideal”, în care m este același în tot volumul lichidului (particulele se consideră identice) și permanent avem $\bar{M} \parallel \bar{H}$.

Dacă $\lambda \geq 1$ și concentrația particulelor este relativ mare ($\phi > 0,1$), atunci se pot forma lanțuri și alte structuri de particule, ce complică mult descrierea.

În cazurile cînd $\zeta \gg 1$, se aplică *modelul dipolului rigid* [10, 11]. Relațiile de tip Langevin se pot aplica numai pentru \bar{H} practic staționar, cînd $\bar{M} \parallel \bar{H}$. În cîmpuri variabile în timp, în general, $\bar{M} \neq \bar{H}$ și este necesar să se ia în considerare gradele de libertate de rotație a particulelor.

În ultimul timp au fost elaborate modele de lichid magnetic mai generale [10], la care ζ este oarecare, cuprinzînd într-o descriere unitară cele două cazuri limită amintite mai sus.

Proprietăți magnetice și electrice

În cadrul modelului cuasistatic este de așteptat ca teoria lui Langevin asupra magnetizației M să încadreze bine fenomenele de magnetizare. Notînd cu \bar{M} , magnetizația de saturație a lichidului ($\bar{M}_s = \bar{m}N$, \bar{m} fiind mo-

mentul particulei de volum mediu, iar N numărul de particule din unitatea de volum) și cu

$$L(\xi) \equiv \text{cth} \xi - 1/\xi \quad (12.1)$$

funcția lui Langevin, vectorul magnetizație este dat de

$$\vec{M} = \vec{M}_s L(\xi),$$

magnetizația de saturație avînd orientarea intensității cîmpului magnetic.

Reținînd din dezvoltarea în serie a funcției lui Langevin primul termen, $L(\xi) \approx \xi/3$, se obține pentru susceptivitatea magnetică inițială a lichidului expresia

$$\chi_m = \frac{Nm^2}{3kT} \mu_0. \quad (12.2)$$

În cîmpuri magnetice intense, cînd $\xi \gg 1$, $L(\xi)$ devine

$$L(\xi) \approx 1 - \frac{1}{\xi} = 1 - \frac{kT}{\mu_0 m H} = 1 - \frac{kTN}{\mu_0 M_s H}$$

și deci legătura între M și H se aproximează bine prin relația

$$\vec{M} = \left(M_s - \frac{NkT}{\mu_0 H} \right) \frac{\vec{H}}{H}. \quad (12.3)$$

Cunoașterea curbei de magnetizare $M = M(H)$ prezintă importanță nu numai sub aspectul cuplajului dintre cîmp și lichid, ci și prin informațiile utile ce rezultă din ea cu privire la valorile diametrului miezului magnetic al particulelor dispersate în lichid. În adevăr, construind pe cale experimentală curba $M = f(1/H)$, din această se pot determina M_s și valoarea lui H^* care anulează membrul drept al relației (12.3). Rezultă numărul de particule din unitatea de volum:

$$N = \frac{\mu_0 H^* M_s}{kT}, \quad (12.4)$$

În continuare, se determină concentrația volumică a fazei solide:

$$\varphi = NV = \frac{\rho - \rho_l}{\rho_s - \rho_l}, \quad (12.5)$$

în care V este volumul particulei; ρ — densitatea lichidului magnetic; ρ_s — densitatea fazei solide și ρ_l — densitatea lichidului de bază. Din $V = \varphi/N$, cu φ determinat prin măsurări de densitate, rezultă $\alpha = \sqrt[3]{6V/\pi}$, N fiind cunoscut din (12.4).

Utilizînd susceptivitatea inițială (12.2), de asemenea determinată din curba de magnetizare ridicată pe cale experimentală, se deduce relația

$$m = \sqrt{\frac{\chi_m 3kT}{\mu_0 N}} = \frac{M_0 \pi d_0^3}{6}, \quad (12.6)$$

din care rezultă d_0 , M_0 fiind magnetizația de saturație a mediului dispersat. Diametrul d_0 reprezintă dimensiunea particulelor mari, iar d este diametrul mediu al particulelor din suspensie [11].

O relație utilă pentru determinarea lui M_0 , fără a face apel la măsurări magnetice, rezultă din (12.5), observînd că

$$\varphi = \frac{NVM_0}{M_0} = \frac{N_m}{M_0} = \frac{M_s}{M} \quad (12.7)$$

Neconcordanța între valorile obținute pentru φ prin măsurări de densitate cu cele determinate prin măsurarea lui M_s , se explică [6] prin fenomenele chimice care se produc la suprafața particulelor.

Un strat superficial de cca 10 Å al particulelor solide, datorită interacțiunilor chimice cu stabilizantul, devine nemagnetic. Ca urmare, diametrul „magnetic” va fi în general mai mic decît diametrul fizic al particulelor.

În cîmpuri magnetice variabile în timp se constată, la unele lichide, prezența fenomenului de histerezis vîscos [11], adică susceptivitatea magnetică este o funcție complexă de frecvență. Prin măsurarea părții sale pur imaginare ca funcție de frecvență se poate calcula timpul de relaxare a particulelor din suspensia coloidală.

Lucrările experimentale efectuate [21, 23, 24] au scos în evidență că permitivitatea electrică a lichidelor magnetice ϵ se modifică în prezența unor cîmpuri magnetice exterioare, existînd un fenomen de anizotropie magnetică în sensul că ϵ este funcție de orientarea lui \vec{H} . În cîmpuri magnetice variabile în timp, suspensia coloidală are permitivitatea electrică complexă, ceea ce sugerează existența fenomenului de histerezis electric vîscos. Încadrarea teoretică a fenomenului, pentru cîmpuri magnetice și electrice staționare este dată în [16]. Modelul teoretic adoptat presupune particulele conductoare și de forma unor elipsoizi de rotație. În prezența unui cîmp electric exterior, elipsoidul se comportă ca un dipol electric care posedă, pe lîngă momentul electric și unul magnetic. Ca urmare, orientarea dipolilor electrici va fi influențată de prezența cîmpului magnetic, ceea ce are ca rezultat o dependență a susceptivităților magnetice $\chi_m(E_0, H_0, T)$ și electrice $\chi_e(E_0, H_0, T)$ de valorile intensităților de cîmp exterioare \vec{E}_0 și \vec{H}_0 , dar și de orientarea lor relativă. Astfel se constată, teoretic și experimental, că χ_e este mai mare cînd \vec{E}_0 este paralel cu \vec{H}_0 , în raport cu cazul \vec{E}_0 perpendicular pe \vec{H}_0 .

În fig. 12.1 este reprezentată în funcție de intensitatea H_0 , variația părții reale ϵ' [21], pentru cazurile $H_0 \parallel E_0$ și $H_0 \perp E_0$; o variație asemănătoare prezintă și partea pur imaginară a permitivității dielectrice.

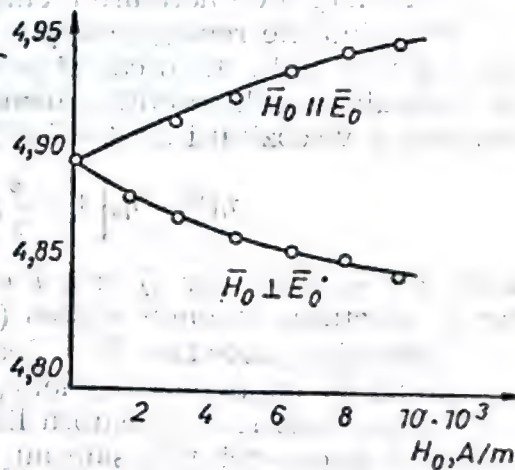


Fig. 12.1.

Proprietăți reologice și termice

Distribuția dimensională a particulelor magnetice din lichide magnetice caracterizează microstructura acestora și determină comportarea lor macroscopică. Mărimile caracteristice, diametrul mediu al particulelor și dispersia se determină pe baza analizei la microscopul electronic a probelor de fluid magnetic. Metoda aplicată și datele referitoare la o serie de lichide magnetice produse la Institutul Politehnic Timișoara și din import, se pot urmări în [25].

Viscozitatea în absența câmpului magnetic al lichidelor magnetice diluate ($\varphi \ll 1$) este bine descrisă de relația lui Einstein

$$\eta = \eta_0(1 + 2,5 \varphi). \quad (12.8)$$

Pentru lichide magnetice mai concentrate se poate aplica relația lui De Bruyn:

$$\frac{\eta - \eta_0}{\eta} = 2,5 \varphi - \frac{2,5 \varphi_{cr} - 1}{\varphi_{cr}^2} \varphi^2, \quad (12.9)$$

unde $\varphi_{cr} \approx 0,74$ este fracția volumică critică la care suspensia devine „solidă”.

Dependența de temperatură a viscozității, după cum arată studiile efectuate la Institutul Politehnic Timișoara [26, 14, p. 9—16], se poate descrie corespunzător cu o relație de tip Arrhenius:

$$\eta = \text{const} \exp(E_a/RT), \quad (12.10)$$

E_a fiind energia de activare a curgerii viscoase.

Proprietățile reologice depind în mare măsură de intensitatea câmpului magnetic aplicat. În caz că acest câmp este uniform, în cadrul modelului dipolului rigid, se obține următoarea dependență bine verificată experimental a viscozității de $\xi \sim H$ [11]:

$$\eta(\xi) = \eta_0 \left[1 + \frac{\varphi}{2} \left(5 + 3 \frac{\xi - i h \xi}{\xi + i h \xi} \sin^2 \alpha \right) \right], \quad (12.11)$$

unde $\alpha = \angle(\vec{H}, \vec{\Omega})$, iar $\vec{\Omega} = \text{rot } \vec{v}$ este vorticitatea. Al treilea termen corespunde efectului magneto-viscos (viscozitate „ rotațională”).

Aplicațiile abordate de colectivul I.P.T.V.T., în special etanșările și separatoarele cu lichid magnetic, implică acțiunea unor câmpuri magnetice cu gradient ridicat asupra lichidelor magnetice, astfel că acest tip de solicitare și consecințele sale au făcut obiectul unor cercetări sistematice [20, 27, 28].

Comportarea reologică a fluidelor magnetice în câmp magnetic puternic neuniform este deosebit de complexă, datorită aglomerării și formării de structuri de particule, observându-se creșteri cu una sau chiar mai multe ordine de mărime a viscozității efective. Viteza de formare a structurilor de particule, respectiv a creșterii viscozității, caracterizată de coeficientul K , introdus în [27], este un important indice de calitate al fluidelor magnetice.

Din curbele experimentale (fig. 12.2) care arată variația momentului de frecare M_f produs de un strat de lichid magnetic aflat între doi cilindri coaxiali, în funcție de durata t de acțiune a unui cîmp magnetic intens și neuniform, se pot calcula valorile coeficientului $K = (M_f(t) - M_f(0)) / (M_f(0) \cdot t)$ pentru lichide magnetice similare însă de proveniență diferită (F.M.P., F.M.P.1 produse la I.P.T.V.T., H.O.1 import S.U.A). [28]. Cu cît K este mai mic calitatea lichidului magnetic respectiv este mai bună. Datele din tabelul de mai jos indică comportarea comparabilă sau chiar mai bună a lichidelor magnetice de tip FMP, pe bază de petrol, față de un produs similar din import.

Lichidul magnetic	$10^3 K [s^{-1}]$
FMP (400)	4,64
FM H01 (400)	1,48
FM P1) (400)	0,94

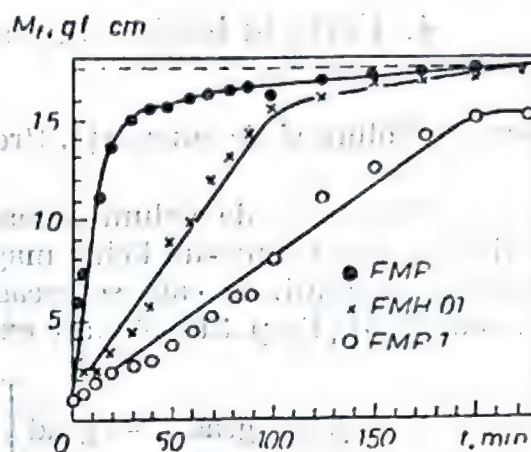


Fig. 12.2.

Proprietățile termice ale fluidelor magnetice sînt determinate de concentrația fazei solide magnetice, respectiv de direcția și intensitatea cîmpului magnetic aplicat [8]. Influența cîmpului aplicat depinde în special de ζ și este apreciabilă dacă $\zeta \ll 1$. Astfel, de ex., se obține o creștere cu un ordin de mărime a coeficientului de transfer termic al unui fluid magnetic supus acțiunii cîmpului magnetic rotitor [29], datorită microvîrtejurilor create de fiecare particulă dipolară în volumul lichidului. Utilizarea lichidelor magnetice ca agent termic, în prezența cîmpului magnetic, este o direcție de cercetare bine conturată [6—8], cu numeroase aplicații.

3.4. Proprietăți optice și acustice

Modificările structurale induse de acțiunea cîmpului magnetic asupra lichidelor magnetice conduc la o serie de fenomene optice și acustice interesante.

În mod obișnuit, lichidele magnetice nu sînt transparente, însă prin diluare, sau în cazul unor straturi subțiri, se obține un anumit grad de transparență. În absența cîmpului extern mediul este optic izotrop, însă o dată cu aplicarea cîmpului acesta devine anizotrop și se produc o serie de efecte magnetooptice, de ex., birefrigență magnetică de 10^7 ori mai intensă decît în cazul nitrobenzenului [30]. În mod similar, sub acțiunea cîmpului magnetic extern se observă atenuarea, respectiv modificarea vitezei ultrasunetelor prin lichidele magnetice [31, 32].

Ambele tipuri de efecte au la origine modificările structurale induse de câmpul magnetic aplicat, în particular formarea de lanțuri și aglomerate mai complexe. Fenomenele amintite au aplicații de mare perspectivă în domeniul traductoarelor și senzorilor [33].

4. Forțe în lichide magnetice

Forțe de volum și de suprafață. Presiunea magnetică

Densitatea de volum a forței, \vec{f}_v , exercitată de câmpul magnetic, în fiecare punct dintr-un lichid magnetic izotrop, neliniar și fără histerezis magnetic, condiții în care se încadrează lichidele magnetice ideale, cum este cunoscut [13, p. 31—53], are expresia

$$\vec{f}_v = B \text{ grad } H - \text{grad} \left[\int_0^H B dH - \rho \int_0^H \left(\frac{\partial \mu}{\partial \rho} \right)_{H,T} H dH \right], \quad (12.12)$$

în care: B , respectiv H sînt modulele vectorilor inducție magnetică, respectiv intensitate de câmp magnetic; ρ — densitatea de masă, iar μ , respectiv T — permeabilitatea, respectiv temperatura mediului în punctul considerat.

Indicii de la baza parantezei învederează că derivata parțială se efectuează la H și T constanți.

Cu $\vec{B} = \mu H$ și $B \text{ grad } H = \text{grad} \frac{\vec{B}H}{2} - \frac{H^2}{2} \text{ grad } \mu$, egalitatea (12.12) mai poate fi pusă în forma

$$\vec{f}_v = -\frac{H^2}{2} \text{ grad } \mu + \text{grad} \left[\frac{\vec{B}H}{2} - \int_0^H B dH + \rho \int_0^H \left(\frac{\partial \mu}{\partial \rho} \right)_{H,T} H dH \right], \quad (12.13)$$

iar dacă se ține seama și de

$$\begin{aligned} \text{grad } \mu &= \text{grad } \mu_0 \frac{H+M}{H} = \mu_0 \frac{H \text{ grad } M - M \text{ grad } H}{H^2}; \quad \text{grad} \frac{BH}{2} = \text{grad} \mu_0 \frac{H^2 + MH}{2} = \\ &= \mu_0 H \text{ grad } H + \frac{\mu_0 M}{2} \text{ grad } H + \frac{\mu_0 H}{2} \text{ grad } M \text{ și } \left(\frac{\partial \mu}{\partial \rho} \right)_{H,T} = \frac{\mu_0}{H} \left(\frac{\partial M}{\partial \rho} \right)_{H,T}, \end{aligned}$$

valabile în medii paramagnetice, relația (12.13) devine

$$\vec{f}_v = \mu_0 M \text{ grad } H - \text{grad} \left[\mu_0 \int_0^H M dH - \rho \mu_0 \int_0^H \left(\frac{\partial M}{\partial \rho} \right)_{H,T} dH \right],$$

Deoarece la temperatură constantă se poate scrie

$$\text{grad} \int_0^H M dH = M \text{ grad } H + \left(\int_0^H \left(\frac{\partial M}{\partial p} \right)_{H,T} dH \right) \text{grad } p,$$

densitatea de volum a forței obține forma

$$\vec{f}_v = \mu_0 \rho \text{grad} \int_0^H \left(\frac{\partial M}{\partial p} \right)_{H,T} dH, \quad (12.14)$$

utilă în studiul fenomenelor din lichidele magnetice.

Astfel, dacă p reprezintă presiunea într-un lichid magnetic aflat la echilibru, ecuația $\vec{f}_v = \text{grad } p$, are soluția

$$p = \mu_0 \rho \int_0^H \left(\frac{\partial M}{\partial p} \right)_{H,T} dH + p_c, \quad (12.15)$$

unde p_c reprezintă o constantă de integrare, iar ρ a fost presupus independent de p .

Forma obținută pentru presiunea din lichid arată că aceasta poate fi modificată prin câmpul magnetic exterior și că depinde de proprietățile magnetice ale lichidului, motiv pentru care ea se numește presiune magnetică.

Tensorul fictiv, \hat{T}_f , al tensiunilor maxwelliene reprezintă un tensor de ordinul doi a cărui divergență este egală, în fiecare punct de continuitate, cu densitatea locală a forțelor de volum. În formă integrală, definiția de mai sus, se scrie

$$\vec{F} = \int_{V_\Sigma} \vec{f}_v dV = \int_{V_\Sigma} \text{div} \hat{T}_f dV = \oint_{\Sigma} \vec{t}_f(\vec{n}) dS, \quad (12.16)$$

în care \vec{F} este forța rezultantă exercitată de câmp asupra corpurilor din suprafața închisă Σ , iar $\vec{t}_f(\vec{n})$ reprezintă valoarea vectorială a lui \hat{T}_f asociată normalei exterioare, \vec{n} , de pe Σ .

În baza acestor definiții, ținând seama de (4.2) și de legile câmpului magnetic, se determină componentele tensorului \hat{T}_f în forma

$$T_{f\mu} = -HB + \rho \int_0^H \left(\frac{\partial \mu}{\partial p} \right)_{H,T} H dH + \int_0^B H dB + H_i B_i$$

$$T_{fij} = B_i H_j$$

și valoarea vectorială a tensorului devine

$$\vec{t}_f(\vec{n}) = \left[-BH + \rho \int_0^H \left(\frac{\partial \mu}{\partial p} \right)_{H,T} H dH + \int_0^B H dB \right] \vec{n} + H(B\vec{n}) =$$

$$= \left[\rho \int_0^H \left(\frac{\partial \mu}{\partial \rho} \right)_{H,T} H dH - \int_0^H B dH \right] \bar{n} + H(\bar{B}\bar{n}). \quad (12.17)$$

Pentru densitatea de suprafață a forței de natură magnetică, care se exercită la suprafața de separație între două lichide magnetice diferite, S_{12} , se obține expresia [13, p. 31—53]

$$\begin{aligned} \bar{f}_{S12} = \bar{f}_{f2}(\bar{n}_{12}) - \bar{f}_{f1}(\bar{n}_{12}) = & \left[\rho_2 \int_0^{H_2} \left(\frac{\partial \mu_2}{\partial \rho} \right)_{H,T} H dH - \right. \\ & \left. - \rho_1 \int_0^{H_1} \left(\frac{\partial \mu_1}{\partial \rho} \right)_{H,T} H dH - \int_0^{H_2} B dH + \int_0^{H_1} B dH \right] \bar{n}_{12} + B_{2n1}^2 \frac{\mu_1 - \mu_2}{\mu_1 \mu_2} \bar{n}_{12} \end{aligned} \quad (12.18)$$

în care \bar{n}_{12} este normala la suprafață cu sensul de la lichidul 1 spre al doilea, iar mărimile notate cu indicii $i=1,2$ se referă la valorile acestor mărimi într-un punct situat pe fața dinspre mediul i al suprafeței S_{12} .

Levitația magnetofluidică de ordinul I și II

Fie un corp de permeabilitate magnetică μ_c și magnetizație permanentă \bar{M}_p , funcție de punct, imersat într-un lichid magnetic cu permeabilitatea magnetică μ , în care există și un câmp magnetic generat de circuite exterioare și de \bar{M}_p , avînd intensitatea \bar{H} (fig. 12.3). Asupra corpului se exercită următoarele forțe de natură magnetică:

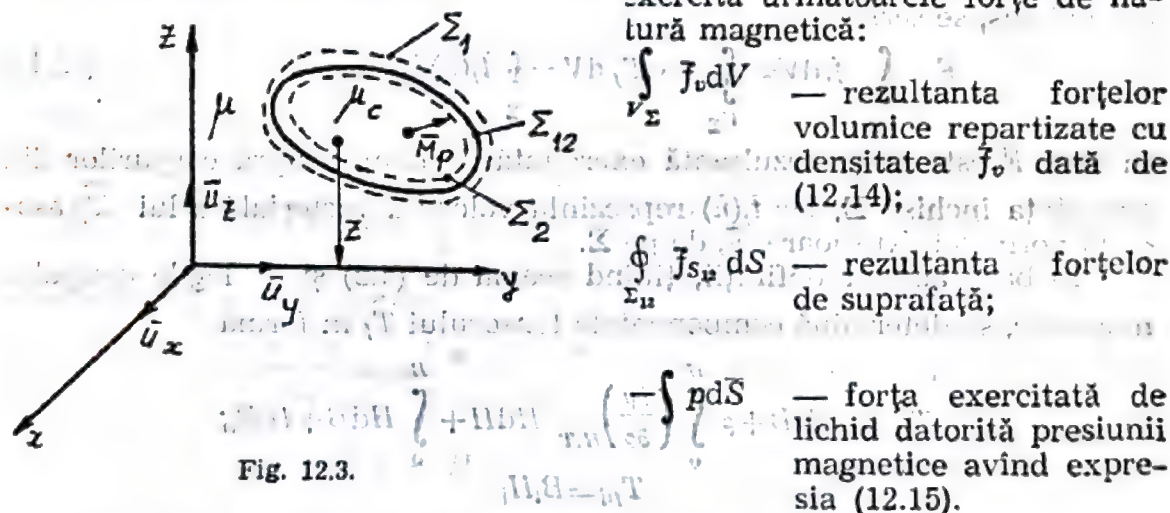


Fig. 12.3.

Ca urmare, forța rezultantă, de natură magnetică, exercitată asupra corpului va fi

$$\bar{F}_m = \int_{V_\Sigma} \bar{f}_v dV + \oint_{\Sigma_{12}} \bar{f}_{s12} dS - \oint_{\Sigma_{12}} p d\bar{S}. \quad (12.19)$$

Ținând seama de definiția tensiunilor fictive, de forțele de suprafață în funcție de tensiunile fictive, egalitatea anterioară se poate scrie în forma

$$\vec{F}_m = \oint_{\Sigma_{12}} \vec{t}_{f_2}(\vec{n}_{12}) dS - \oint_{\Sigma_{12}} p d\vec{S}. \quad (12.20)$$

Cu (12.17) și (12.15) membrul drept din (12.10) devine

$$\begin{aligned} \vec{F}_m &= \oint_{\Sigma_{12}} \left(\int_0^B H dB - \vec{H} \cdot \vec{B} \right) d\vec{S} + \oint_{\Sigma_{12}} H(\vec{B} \cdot \vec{n}_{12}) dS = \\ &= - \oint_{\Sigma_{12}} \left(\int_0^H B dH \right) d\vec{S} + \oint_{\Sigma_{12}} H(\vec{B} \cdot \vec{n}_{12}) dS, \end{aligned} \quad (12.21)$$

$$\text{deoarece } \oint_{\Sigma_{12}} p d\vec{S} = p_c \oint_{\Sigma_{12}} d\vec{S} = 0 \text{ și } \int_0^B H dB - \vec{H} \cdot \vec{B} = - \int_0^H B dH.$$

În expresiile anterioare vectorii sînt considerați în puncte situate pe fața dinspre lichid a suprafeței Σ_{12} .

Forma obținută pentru forța rezultantă demonstrează că acesta are o componentă determinată de tensiunea normală

$$\vec{t}(\vec{n}_{12}) = \left[- \int_0^H B dH + H_{n_{12}} B_{n_{12}} \right] \vec{n}_{12} \quad (12.22)$$

și o alta determinată de tensiunea tangentă

$$\vec{t}(\vec{u}_t) = H_t \cdot B_{n_{12}} \vec{u}_t. \quad (12.23)$$

$$\vec{F}_m = \oint_{\Sigma_{12}} \vec{t}(\vec{n}_{12}) dS + \oint_{\Sigma_{12}} \vec{t}(\vec{u}_t) dS. \quad (12.24)$$

Considerăm, în continuare corpul amagnetic, $\mu_c = \mu_0$ și fără magnetizația permanentă $\vec{M}_p = 0$. În aceste condiții se arată [8, 13] că forța rezultantă poate fi pusă în forma

$$\vec{F}_m = -\mu_0 \oint_{\Sigma_{12}} \left(\frac{M_{n_{12}}^2}{2} + \int_0^H M dH \right) d\vec{S}, \quad (12.25)$$

$\vec{M}_{n_{12}}$, fiind componenta normală a vectorului magnetizație la suprafața Σ_{12} . Luînd în considerare și forța exercitată de cîmpul gravitațional și de presiunea generată de acesta, forța rezultată ce se exercită asupra corpului are expresia

$$\vec{F} = \oint_{V_{\Sigma_{12}}} \rho g \text{ grad } z dV + \vec{F}_g + \vec{F}_m. \quad (12.26)$$

Funcție de orientarea forței \vec{F} , care prin intermediul componentei \vec{F}_m poate fi modificată de cîmpul magnetic exterior, corpul scufundat cade,

se urcă sau levitează în lichid. Condiția de levitație, numită și levitație de primul ordin, rezultă din $F=0$, adică

$$F_g = - \oint_{V_{\Sigma_{12}}} \rho g \text{ grad } z dV + \mu_0 \oint_{\Sigma_{12}} \left[\frac{M_{n_{12}}^2}{2} + \int_0^H M dH \right] dS. \quad (12.27)$$

Levitația de ordinul doi se referă la cazul unui magnet permanent scufundat în lichid magnetic, cîmpul fiind generat de magnetizația permanentă. În acest caz, forța de natură magnetică exercitată asupra magnetului permanent, presupus de permeabilitate magnetică $\mu_2 = \mu_0$, se obține prin dezvoltarea lui (12.21) în forma

$$\begin{aligned} F_m = & -\mu_0 \oint_{\Sigma_{12}} \left[\frac{1}{2} (M_{n_{12}}^2 - M_{P_{n_{12}}}^2) + \int_0^H M dH \right] dS - \\ & -\mu_0 \oint_{\Sigma_{12}} H \text{ div}_s \bar{M}_p dS - \mu_0 \int_{V_{\Sigma_{12}}} H \text{ div } \bar{M}_p dV \end{aligned} \quad (12.28)$$

și deci levitația se va produce dacă se poate realiza egalitatea.

$$\begin{aligned} F_g = & - \oint_{V_{\Sigma_{12}}} \rho g \text{ grad } z dV + \mu_0 \oint_{\Sigma_{12}} \left[\frac{1}{2} (M_{n_{12}}^2 - M_{P_{n_{12}}}^2) + \int_0^H M dH \right] dS + \\ & + \mu_0 \oint_{\Sigma_{12}} H \text{ div}_s \bar{M}_p dS + \mu_0 \int_{V_{\Sigma_{12}}} H \text{ div } \bar{M}_p dV. \end{aligned} \quad (12.29)$$

5. Hidrodinamica lichidelor magnetice

Este în prezent în plină dezvoltare și constituie o ramură nouă a magnetohidrodinamicii, adăugînd la studiul fluidelor conductoare ($\sigma > 0$; $\mu = \mu_0$) pe cel al lichidelor magnetice neconductoare ($\sigma = 0$; $\mu > \mu_0$) și chiar conductoare ($\sigma > 0$; $\mu > \mu_0$), lărgind astfel mult sfera preocupărilor.

În cadrul modelului de lichid magnetic cuasistaționar izotrop incompresibil și neconductor, densitatea volumică a forței magnetice ia forma simplă $\vec{f}_v = \mu_0 M \nabla H$, astfel că sistemul de ecuații care descrie mișcarea fluidului este următorul [8]:

$$\rho \left[\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} + (\vec{v} \nabla) \vec{v} \right] = - \nabla p + \mu_0 M \nabla H + \rho \vec{g} + \eta \nabla^2 \vec{v}; \quad (12.30)$$

$$\text{div } \vec{v} = 0; \quad (12.31)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} + (\vec{v} \nabla) T = \chi \nabla^2 T; \quad (12.32)$$

$$\bar{M} = M(T, H) \frac{\bar{H}}{H}; \quad (12.33)$$

$$\text{rot } \bar{H} = 0; \text{ div } \bar{B} = 0. \quad (12.34)$$

Dacă $T = \text{const}$, forța magnetică este potențială, deci în cazul lichidului magnetic ideal fără vîscozitate, pot fi scrise ecuații de tip Bernoulli.

În cazul că se consideră și gradele de libertate de rotație ale particulelor (fluid cu „rotație internă”), în ipotezele modelului dipolului rigid, ecuația de mișcare (12.30) se modifică esențial, întrucît $\bar{M} \nparallel \bar{H}$ și apare un termen suplimentar datorită mișcării de rotație al particulelor magnetice față de lichidul de bază:

$$\rho \left[\frac{\partial \bar{v}}{\partial t} + (\bar{v} \nabla) \bar{v} \right] = -\nabla p + 2\eta_r^* \text{rot}(\bar{\omega}_c - \bar{\Omega}) + \mu_0(\bar{M} \nabla) \bar{H} + \eta \nabla^2 \bar{v}. \quad (12.35)$$

Prin η_r^* s-a notat vîscozitatea rotațională, iar $\bar{\omega}_c$ este viteza unghiulară a cîmpului variabil în timp. Abaterea lui \bar{M} față de direcția lui \bar{H} se poate descrie cu o ecuație de relaxare liniară [8, 11]. Un model de acest tip poate descrie comportarea fluidelor magnetice în cîmpuri magnetice nestaționare, în particular în cîmp magnetic rotitor.

Într-un studiu experimental detaliat al efectului de rotație, efectuat în cadrul I.P.T.V.T. [15, 34], s-au determinat distribuțiile de viteze într-un volum cilindric de fluid magnetic aflat sub acțiunea cîmpului magnetic rotitor sau alunecător, la diferite valori ω_c . Rezultatele confirmă calitativ concluziile modelului dipolului rigid privind desfășurarea efectului [14, 35], însă au scos în evidență dependența neliniară a vitezei de rotație a lichidului de ω_c .

6. Aplicații ale lichidelor magnetice

Elaborarea unor procedee de producere a lichidelor magnetice, în condiții economice corespunzătoare, precum și aprofundarea cunoașterii proprietăților acestora, au condus la o diversitate apreciabilă de aplicații, dintre care unele au intrat în patrimoniul tehnicii de vîrf. Se vor prezenta, în continuare, cîteva aplicații reprezentative ale lichidelor magnetice.

Etanșări magnetofluidice

Simple din punct de vedere constructiv și cu performanțe deosebite, au revoluționat domeniul etanșărilor mobile. În fig. 12.4, a se prezintă o secțiune printr-o astfel de etanșare, iar în fig. 12.4, b, c, d cîteva detalii ce ilustrează modul de funcționare.

Utilizând expresiile (12.15) a presiunii magnetice și (12.18) a densității de suprafață a forțelor, se arată că suprapresiunea suportată de un inel de etanșare are forma

$$\Delta p = p_1 - p_2 = \mu_0 \int_0^{H_1} M dH - \mu_0 \int_0^{H_2} M dH, \quad (12.36)$$

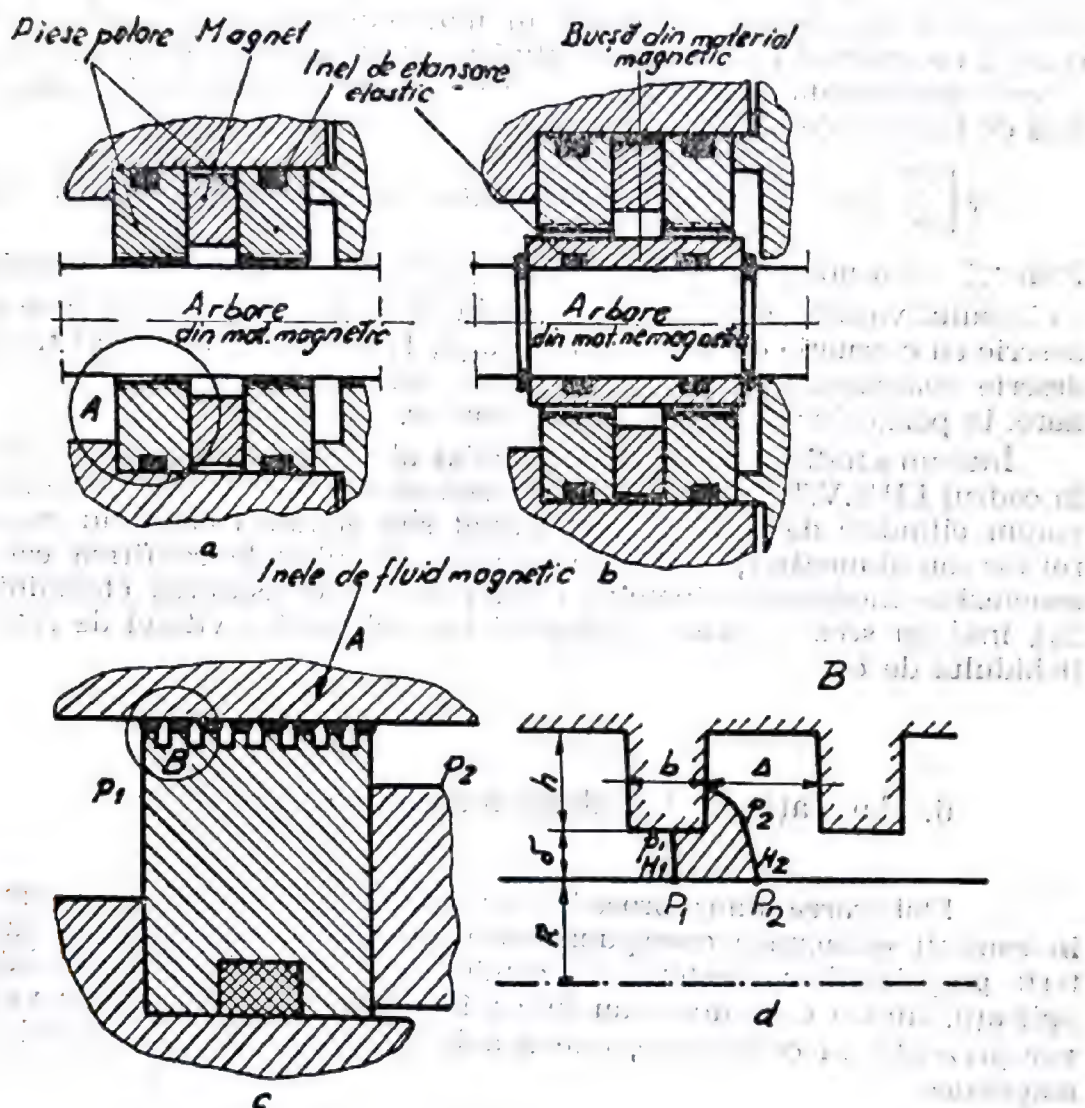


Fig. 12.4.

în care H_1 , respectiv H_2 sînt intensitățile de cîmp din punctele P_1 , respectiv P_2 , din fig. 12.4, d. Dacă în aceste puncte intensitățile de cîmp depășesc valoarea intensității cîmpului de saturație, $H_1, H_2 > H_s$, atunci (12.36) devine

$$\Delta p = \mu_0 M_s (H_1 - H_2). \quad (12.37)$$

Fiecare inel de fluid magnetic constituie un etaj de etanșare ce suportă presiunea Δp . Când acesta este mai mare ca Δp dat de (12.36), pe periferia inelului se formează un orificiu prin care se scurge gazul etanșat, presurizînd cel de al doilea inel, procesul continuînd pînă la echilibrare.

Dacă n este numărul de inele, atunci presiunea maximă suportată de arborele etanș este $\Delta p_{max} = \sum_{\lambda=1}^n \Delta p_{\lambda}$. Pentru siguranță se admite un $n_a > n$.

Cele mai bune performanțe obținute pînă în prezent realizează aproximativ 1 bar diferență de presiune pe etaj, dar în mod curent acesta atinge cca 0,2÷0,4 bar/etaj. O etanșare cu 20 de etaje ocupă aproximativ 25 mm din lungimea arborelui.

Studiile teoretice efectuate la I.P.T.V.T. [36] asupra modelului din fig 12.4, d privitor la cîmpul magnetic din întrefier au demonstrat că presiunea maximă pe unitatea de lungime se realizează dacă între dimensiunile polilor există următoarele relații: $b=4\delta$, iar dacă se fac notațiile $k=H_1/H_s$, H_1 fiind intensitatea cîmpului în întrefier la mijlocul polului, și $A = \frac{2k^2}{(k-0,5)\pi^2}$, distanța Δ dintre doi poli consecutivi este dată de relațiile:

$$\Delta = \frac{16k\delta}{\pi\sqrt{2k-1}} \operatorname{ch} \frac{\varphi}{3}; \operatorname{ch} \varphi = \frac{\pi\sqrt{2k-1}}{2k}, \text{ dacă } A < 1;$$

$$\Delta = \frac{16k\delta}{\pi\sqrt{2k-1}} \cos \varphi/3; \cos \varphi = \frac{\pi\sqrt{2k-1}}{2k}, \text{ dacă } A > 1;$$

$$\Delta = \frac{16k\delta}{\pi\sqrt{2k-1}}, \text{ cînd } A=1.$$

Înălțimea h a polului rezultă în forma

$$h = 2(\Delta - 2\delta - 4\delta/\pi), \text{ cu } \operatorname{tg} \theta = \sqrt{(2H_1/H_2)^2 - 2},$$

H_2 fiind intensitatea cîmpului în P_2 .

Diferența de presiune maximă etanșată, pe unitatea de lungime, pentru cazurile de mai sus, se calculează cu formulele:

$$\Delta p^* \equiv \frac{\Delta p}{b+\Delta} = \mu_0 M_s H_s \frac{\pi(2k-1)^{3/2} \left(1 - \frac{1}{4\operatorname{ch}^2 \varphi/3}\right)}{8\delta(\pi\sqrt{2k-1} + 4k\operatorname{ch} \varphi/3)}, \text{ la } A < 1;$$

$$\Delta p^* = \mu_0 M_s H_s \frac{\pi(2k-1)^{3/2} \left(1 - \frac{1}{4\cos^2 \varphi/3}\right)}{8\delta(\pi\sqrt{2k-1} + 4k\cos \varphi/3)}, \text{ la } A > 1.$$

Spre deosebire de alte lucrări referitoare la dimensionarea etanșărilor magnetofluidice [37], modelul prezentat are avantajul că oferă formule analitice pentru principalele mărimi caracteristice ale acestora.

Datele experimentale obținute privind dependența presiunii de întrefierul δ [34], precum și cele privitoare la înălțimea optimă a polului [14] sînt încadrate bine de relațiile anterioare.

Datorită viscozității fluidului, în timpul rotației se disipează o putere, care pentru un etaj, cu o formă trapezoidală a polului, fig. 12.5, și viteza $v=4\div 20 \text{ ms}^{-1}$ este dată de expresia [38].

$$P_t = 2\pi R^3 \omega^2 \eta \left(\frac{t}{\delta} + \operatorname{tg} \beta \cdot \ln \frac{h'}{\delta} \right), \quad (12.38)$$

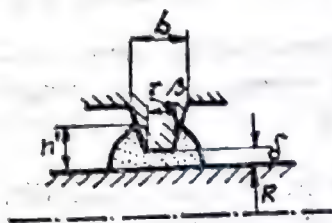


Fig. 12.5.

unde δ , t , β și h' sînt parametrii geometrici ai etajului, ω — viteza unghiulară a arborelui de rază R , η — viscozitatea dinamică a fluidului magnetic la temperatura de funcționare. Menționăm că în intervalul de viteze $4\div 20 \text{ ms}^{-1}$ curgerea este laminară, momentul de frecare variază liniar și are o creștere lentă.

În unele aplicații speciale, ca de exemplu etanșarea arborilor crio-generatorelor, viteza periferică depășește 20 ms^{-1} , ceea ce implică o creștere pronunțată a forțelor centrifuge și o scădere a capacității de etanșare, fiindcă [38, 14].

$$\Delta p(v) = \Delta p(0) - \frac{1}{2} \rho v^2 h' / R.$$

Disipația viscoasă conduce la încălzirea lichidului, ceea ce micșorează capacitatea de etanșare. Micșorarea încălzirii se poate realiza prin adăsurile de polimeri care reduc coeficientul de frecare sau prin micșorarea inducției magnetice [38]. Căldura se evacuează, în principal, prin piesele polare, transferul de căldură fiind caracterizat prin numărul lui Brinkman: $Br = \eta v^2 / \lambda T$, în care λ este conductibilitatea termică a lichidului dată de formula:

$$\lambda = \lambda_l + \varphi(\lambda_m - \lambda_l) 3\lambda_l / (\lambda_m + 2\lambda_l), \quad (12.39)$$

λ_l , respectiv λ_m , fiind conductibilitățile lichidului de bază, respectiv a solidului magnetic.

Dacă $Br > 1$, transferul este insuficient și se impune răcirea forțată a pieselor polare.

Mentținerea unei temperaturi adecvate este necesară deoarece la creșterea temperaturii magnetizația lichidului scade și crește viteza de evaporare, influențînd negativ performanțele etanșării.

Etanșările magnetofluidice și-au dovedit eficacitatea printre altele în tehnica vidului, asigurînd etanșeitate perfectă pînă la 10^{-10} torr [39, 40] și ca etanșări de protecție pentru discurile cu memorie ale calculatoarelor [39]. La I.P.T.V.T., în colaborare cu Î.M.P.F. Odorhei și cu I.C.P.E. București, s-au proiectat, realizat și încercat prototipuri de etanșări magnetofluidice în diferite variante constructive, cu diametre variînd între 9 și 140 mm, cu domenii de funcționare de la vid înaintat, pînă la suprapresiuni de 10 bar. Exploatarea cu rezultate foarte bune, timp de cîțiva ani,

a unor prototipuri pe o instalație pilot de creșterea monocristalelor [14], respectiv pe o instalație de metalizare sub vid [14], a creat condițiile implementării acestei noi tehnologii de etanșare în diferite domenii industriale.

Separatoare magnetofluidice

Acestea au la baza principiului de funcționare forța exercitată de câmpul magnetic asupra unui corp cu $\mu = \mu_0$, imersat într-un lichid magnetic [42—45].

Se consideră un corp nemagnetic de dimensiuni mici, având volumul V_s și densitatea ρ_s , scufundat într-un lichid magnetic cu densitatea $\rho < \rho_s$. În aceste condiții, forța rezultantă care se exercită asupra micului corp, expresia (12.26), poate fi pusă în forma

$$\begin{aligned} F &= \int_{V_s} \rho g \operatorname{grad} z dV - \int_{V_s} \rho_s g \operatorname{grad} z dV - \mu_0 \oint_{\Sigma_s} \left(\frac{M_n^2}{2} + \int_0^H M dH \right) d\vec{S} = \\ &= \int_{V_s} (\rho - \rho_s) g \operatorname{grad} z dV - \mu_0 \int_{V_s} \left(\operatorname{grad} \int_0^H M dH \right) dV, \end{aligned} \quad (12.40)$$

deoarece s-a presupus că prezența granulei nu modifică câmpul exterior și că în domeniul ei acesta poate fi considerat uniform, adică $\oint_{\Sigma_s} M_n^2 d\vec{S} = 0$.

Din (6.5) urmează că densitatea volumică a forței are expresia

$$\vec{f}_v = (\rho - \rho_s) g \operatorname{grad} z - \mu_0 \operatorname{grad} \int_0^H M dH, \quad (12.41)$$

iar dacă lichidul este saturat ($M = M_s$) ea obține forma mai simplă

$$\vec{f}_v = (\rho - \rho_s) g \operatorname{grad} z - \mu_0 M_s \operatorname{grad} H. \quad (12.42)$$

Cum în domeniul granulei se poate considera \vec{f}_v constant, forța rezultantă devine

$$\vec{F} = \left[(\rho - \rho_s) g - \mu_0 M_s \frac{\partial H}{\partial z} \right] V_s \vec{u}_z - \mu_0 M_s \frac{\partial H}{\partial y} V_s \vec{u}_y, \quad (12.43)$$

deoarece câmpul magnetic a fost considerat plan paralel $H = H(z, y)$, fig. 12.6.

Referindu-ne la componenta vectorială a forței \vec{F} , se constată că prezența câmpului magnetic poate fi omis în calcule dacă se operează cu o densitate aparentă a lichidului magnetic ρ_a , dată de expresia

$$\rho_a = \rho - \mu_0 M_s \frac{\partial H}{\partial z}, \quad (12.44)$$

care sugerează posibilitatea de a varia ρ_a în limite largi prin modificarea intensității cîmpului magnetic. Pentru a obține o densitate aparentă constantă și o componentă a forței după axa Oz nulă se impune o astfel de configurație a polilor încît $M_s \nabla H = M_s \frac{\partial H}{\partial z} \bar{u}_z = \text{const } \bar{u}_z$. Condiția este suficient de bine îndeplinită dacă polii au profil hiperbolic ($V_H = -2kxy$, V_H fiind potențialul magnetic al cîmpului, fig. 12.7).

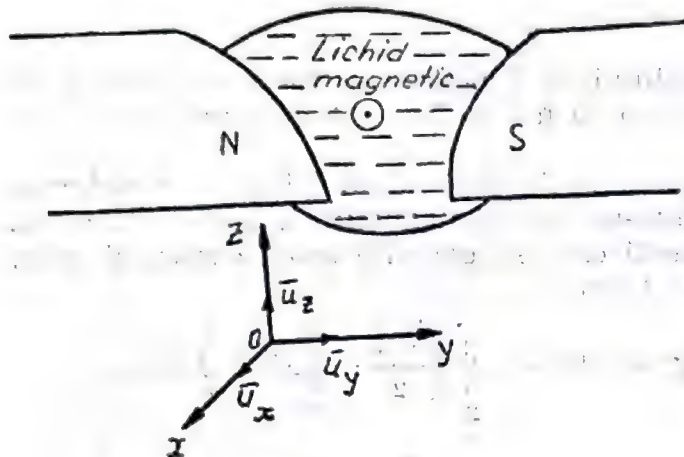


Fig. 12.6.

În practică, polii avînd dimensiuni finite, configurația cîmpului va diferi față de situația ideală a dimensiunilor infinite. Pentru a ajusta spectrul cîmpului, astfel încît să nu difere mai mult de 10% de cel al polilor infiniți, deasupra acestora se plasează o placă feromagnetică.

Cunoscînd expresia forțelor exercitate asupra granulelor, se pot deter-

mina traiectoriile ale acestora în întrefierul separatorului [43]. În fig. 12.8 se prezintă aceste traiectorii pentru un lichid magnetic cu $\rho = 0,85 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, $\eta = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ g} \cdot \text{cm}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, $M_s = 6 \cdot 10^3 \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$ în granule de rază $R = 0,03 \text{ cm}$, avînd viteza de intrare în lichid de $v = 103,5 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$, sub un unghi $\alpha = 15^\circ$ față de verticală. Se observă că granulele cu $\rho_s \leq 3,5 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ vor pluti la suprafața lichidului, iar cele cu $\rho_s > 3,6 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ se vor scufun-

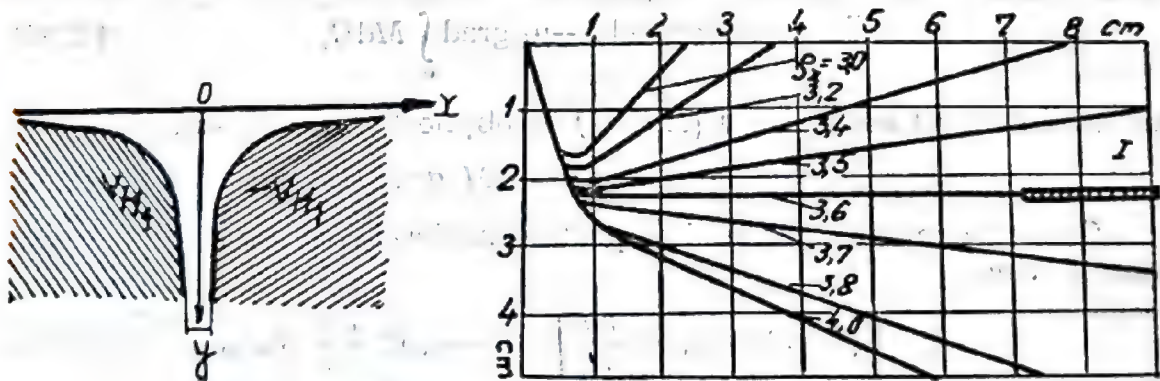


Fig. 12.7. Fig. 12.8.

da, fenomene care justifică posibilitatea folosirii sistemului la separarea granulelor după densități.

Separatoarele densitometrice cu fluid magnetic se bazează pe posibilitatea de a modifica, în limite largi, forța rezultantă exercitată asupra granulelor, atât prin natura lichidului (M_s), cît și prin valoarea și gradientul intensității cîmpului magnetic.

Există mai multe modele de separatoare, descrise în detaliu în lucrările de sinteză [5, 44, 45], separatoare în care lichidul magnetic este menținut în celule de separare de către câmpul magnetic neuniform generat de un electromagnet sau magnet permanent. Într-o altă serie de modele granulele sînt transportate de lichidul de lucru într-un canal de separare [44, 45]. O posibilitate de mărire a capacității de prelucrare și a rezoluției s-a obținut prin combinarea tehnicii de separare în câmp cu gradient înalt, cu separarea magnetofluidică [46]. Într-o altă soluție se utilizează succesiuni de întrefieruri realizate prin suprapunerea de elemente feromagnetice moi și dure, instalație care sporește capacitatea de prelucrare fără a utiliza electromagneți mari și costisitori. Pornind de la observația că în prezența câmpului neuniform particulele coloidale se redistribuie, în lichidul magnetic se stabilește un gradient al susceptivității, ceea ce permite separarea granulelor dintr-un amestec în funcție de valorile susceptivităților.

În ceea ce privește performanțele atinse se poate arăta că la o productivitate de 500 g/h s-a realizat o separare practic completă a fracțiunilor grea și ușoară, diferența de densitate fiind de numai $0,2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ [43]. La granule mai mari de $R=5 \text{ mm}$ productivitatea crește substanțial ajungînd pînă la cîteva tone pe oră [47].

Colectivul I.P.T.V.T., în colaborare cu Institutul de Cercetări, Inginerie Tehnologică și Proiectări pentru Minereuri Neferoase, din Baia-Mare a efectuat cercetări sistematice, teoretice ([14], p. 71—80, 87—98) și experimentale ([14], p. 99—104, 111—116), asupra caracteristicilor optime ale celulei de separare magnetofluidică, respectiv asupra eficienței metodei în diferite cazuri concrete. O primă valorificare a rezultatelor acestor cercetări, asemănător cu [47], se referă la recuperarea unor metale neferoase din deșeuri industriale [14].

Cercetările pe plan mondial privind această direcție aplicativă a lichidelor magnetice au ajuns, în prezent, în etapa de finalizare a experimentărilor la scară pilot și sînt în curs de realizare instalații industriale, în special pentru prelucrarea unor deșeuri neferoase scumpe.

Traductoare de măsură

Concepute și utilizate în tehnici de măsurare și detecție, traductoarele folosesc proprietățile magnetice, optice sau termice ale fluidelor magnetice. În unele aplicații, posibilitatea de poziționare a lichidului prin intermediul forțelor magnetice este îmbinată cu unele însușiri secundare ale lichidelor magnetice.

Se prezintă succint cîteva dispozitive de măsură și detecție.

Traductoare de presiune. La baza funcționării acestora stă variația inductanței unei bobine în funcție de nivelul lichidului magnetic aflat în miezul acestuia. O variantă constructivă destinată măsurării variațiilor mici de presiune a fost studiată și experimentată în [48], fig. 12.9. Expe-

riențele au evidențiat avantajele dispozitivului: semnal de ieșire electric, caracteristică liniară și sensibilitate ridicată.

Clinometre magnetofluidice. Utilizând proprietatea menționată anterior, s-au construit clinometre, ca spre exemplu cel din fig. 12.10, care, prin etalonare, măsoară cu precizie înclinarea [18]. Cele două bobine se-

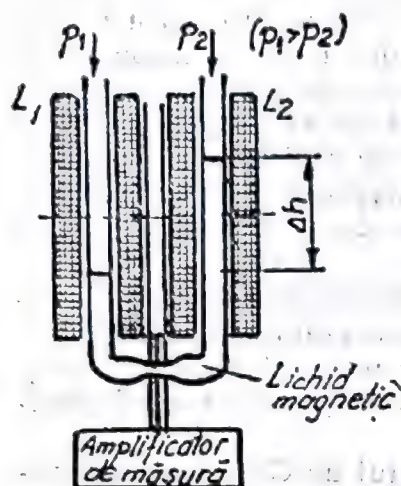


Fig. 12.9.

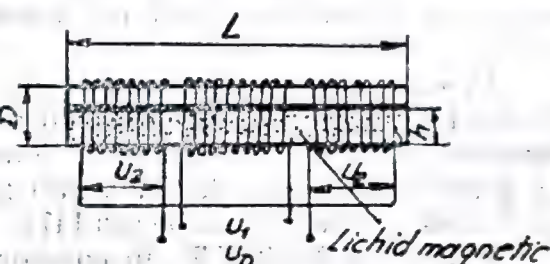


Fig. 12.10.

cundare, legate în opoziție, sînt în interiorul bobinei primare. Tensiunea U_D este nulă cînd tubul cu lichid magnetic este în poziție orizontală și crește o dată cu unghiul de înclinare.

Detectarea golurilor în piese nemagnetice. Golurile (piese cu canale) se umplu cu lichid magnetic, iar prezența lui în goluri se detectează cu o sondă, etalonată în prealabil, sensibilă la variații ale permeabilității magnetice [49]. Cu un lichid magnetic avînd $M_s = 80 \dots 90 \text{ kA} \cdot \text{m}^{-1}$ se poate determina distanța golurilor de la suprafață cu o precizie de 0,05 mm.

Traductoare electroacustice. Difuzoarele cu lichid magnetic sînt de înaltă fidelitate. Ele folosesc proprietățile magnetice, reologice și termice ale lichidelor magnetice. Lichidul este menținut în jurul bobinei mobile de cîmpul magnetic din întrefier (fig. 12.11) avînd drept rezultat următoarele îmbunătățiri [50]: realizează o răcire eficientă și deci permite creșterea puterii de 3—4 ori, amortizează mișcarea bobinei mobile, etanșează spațiul dintre bobină și magneți, centrează bobina mobilă ca efect al levitației, reduce armonicile și reluctanța întrefierului.

Amortizarea magnetofluidică a instrumentelor de măsură. Are avantajul că lichidul magnetic poate fi poziționat simplu cu un magnet permanent. În fig. 12.12 se exemplifică aplicația la un debitmetru cu plutitor magnetic [49]. Lichidul magnetic introdus în două zone ale interstițiului dintre disc și carcasa nemagnetică realizează amortizarea mișcării de ro-

tație și deci acul indicator va urmări numai variațiile mari ale curentului din fluid, micile perturbații fiind complet atenuate.

Traductoare pentru aparate de măsură. Lichidele magnetice sînt utilizate ca element sensibil în aparatele ce măsoară unele mărimi electromagnetice. Astfel se pot realiza traductoare pentru măsurarea curenți-

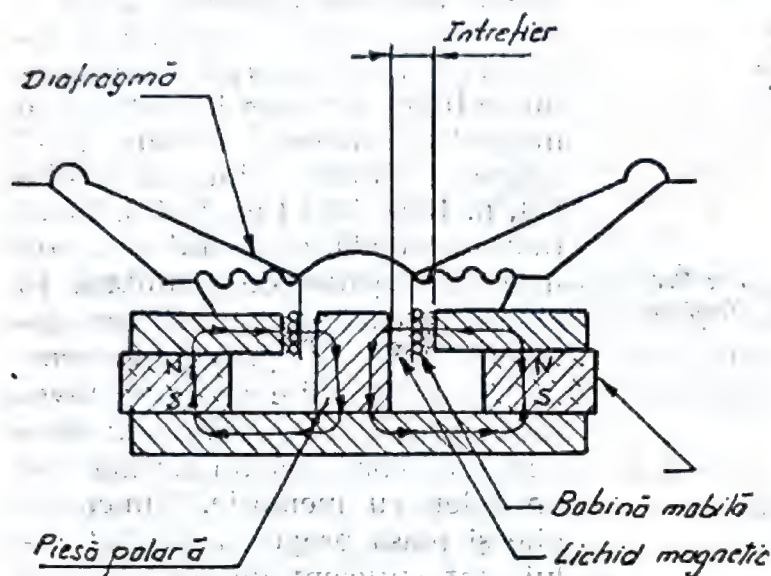


Fig. 12.11.

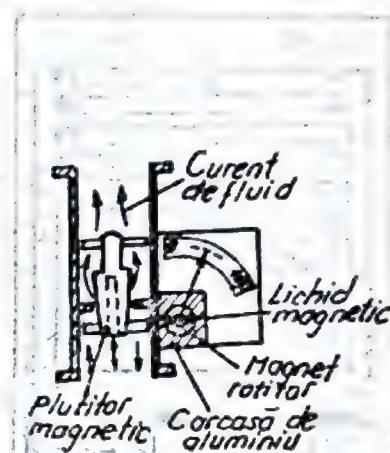


Fig. 12.12.

lor continuu intensi [51]. În întrefierul unui circuit magnetic, excitat de curentul continuu ce se măsoară, se realizează un tub, în formă de U, umplut cu lichid magnetic. Cîmpul magnetic din întrefier, generat de curentul I , denivelează lichidul magnetic, denivelare sesizată de puntea de măsură. Un ampermetru care funcționează pe principiul descris este prezentat în [52].

Accelerometre cu lichid magnetic. Primul accelerometru propus în [53] se bazează pe efectul de levitație de ordinul I, iar cel prezentat în [54] utilizează fenomenul de levitație de ordinul II. Ultimul folosește un mic magnet permanent cilindric ca „masă inertială”. Magnetul levitează datorită cîmpului propriu într-un tub cilindric umplut cu lichid magnetic. Acceleratiile axiale deplasează magnetul în tub. Poziția centrală a magnetului este menținută de cîmpul dat de o bobină, prin curentul căreia se măsoară accelerația (fig. 12.13).

La noi în țară traductoare de accelerație și vibrații, de di-

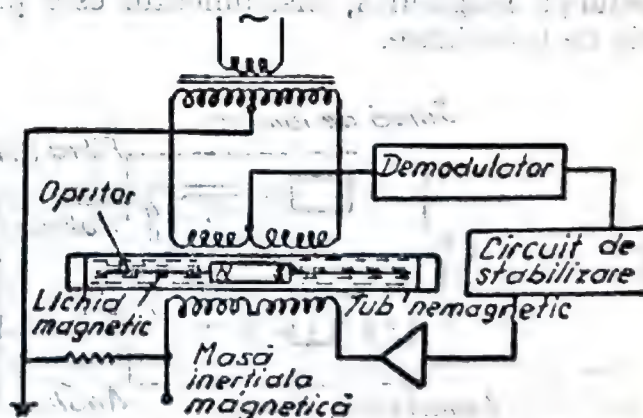


Fig. 12.13.

verse tipuri, cu foarte bune performanțe, au fost realizate și experimentate de un colectiv de la I.C.P.E. București [14, p. 155—160].

Limitatorul de vibrații cu fluid magnetic (realizat la I.C.P.E.) este destinat protecției individuale la vibrații a mașinilor industriale (mașini-unelte, ventilatoare, pompe, compresoare etc.). La depășirea nivelului de vibrații peste cel admisibil, limitatorul produce un semnal electric care com

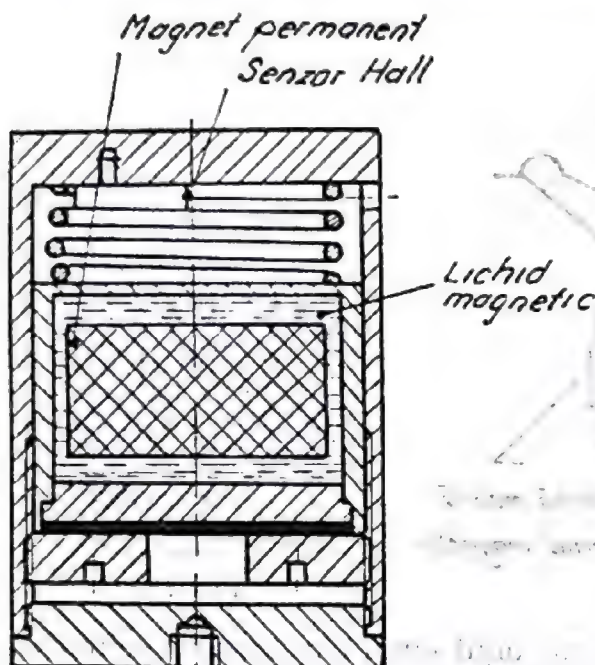


Fig. 12.14.

andă semnalizări optice, acustice sau deconectarea automată a instalației. Funcționarea limitatorului se bazează tot pe levitația unui magnet permanent într-un fluid magnetic dintr-o incintă închisă [14, p. 159—160] (fig. 12.14). În situație normală, magnetul oscilează în jurul poziției de echilibru. În exteriorul incintei se află un generator Hall, care produce un semnal când vibrațiile depășesc nivelul de prag stabilit. Semnalul electric emis comandă un tiristor sau un releu cu memorie. Dimensiunile și masa proprie a limitatorului sînt suficient de mici pentru a permite montarea lui direct pe mașina protejată. Pragul de declanșare poate fi reglat de la $3 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$ la $20 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$.

Senzori magnetooptici. Birefrigența magnetică, observată la lichide magnetice, își are originea în formarea unor lanțuri de particule orientate după direcția cîmpului [30]. Intensitatea efectului permite construirea unor senzori miniaturali de cîmp magnetic [33] ce măsoară inducția începînd cu 10^{-8} T . Componentele principale ale senzorului sînt date în fig. 12.15. Întrucît intensitatea semnalului luminos este o funcție neliniară de inducția magnetică, instrumentul este prevăzut cu un dispozitiv electronic de liniarizare.

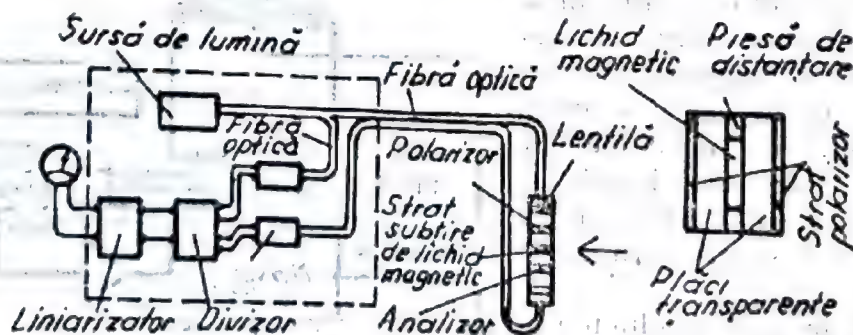


Fig. 12.15.

Alte aplicații

În cele două decenii de dezvoltare a domeniului, aplicațiile lichidelor magnetice au acoperit o arie largă, de mare diversitate. Pe lângă cele prezentate mai sînt încă numeroase direcții aplicative mai puțin cunoscute sau insuficient elaborate, cu perspective deosebite de a fi extinse pe scară largă.

Aplicațiile biomedicale se referă, printre altele, la utilizarea lichidelor magnetice în chirurgia vasculară [5, 55], ca substanță de contrast în radiologie [56] sau ca inhibitor al dezvoltării microorganismelor [57]. De asemenea, lichidele magnetice pot servi și la realizarea unor medicamente magnetodirijabile anticancerigene [58] sau a unor surse de putere electrică miniaturale pentru inimi artificiale [59].

Forța magnetică ce acționează asupra lichidelor magnetice fiind proporțională cu gradientul cîmpului aplicat, rezultă posibilitatea utilizării acestor lichide la vizualizarea structurilor magnetice, respectiv la evidențierea modificărilor de structură, ale materialelor feromagnetice, induse de solicitări mecanice [60].

Foarte numeroase sînt aplicațiile în domeniul lagărelor [5] și amortizoarelor [61], care exploatează efectele de levitație de ordinul I și II sau proprietățile inelelor de etanșare.

Tipărirea magnetofluidică implică utilizarea unor jeturi ultrafine de cerneluri magnetice, dirijate cu cîmpuri magnetice, prin care se obține o tehnologie nouă de multiplicare rapidă, în curs de cercetare, de exemplu, la firmele I.B.M. [62] și Matsushita [63].

Efectul termomagnetic, specific fluidelor magnetice, se preconizează a fi utilizat într-un sistem nou de conversie a energiei [6], aflat deocamdată în fază de cercetare de laborator.

O serie de alte aplicații recent abordate, de exemplu, în tehnica roboților [64] sau finisarea suprafeței unor componente optice de formă complicată [65], ilustrează bine revoluția pe care au produs-o lichidele magnetice.

7. Considerații finale

Din cele prezentate rezultă că aria aplicațiilor lichidelor magnetice este deja foarte întinsă, cuprinzînd o diversitate mare de domenii, oferind soluții eficiente, uneori spectaculoase, pentru probleme considerate dificil de rezolvat.

Prin activitatea meritorie a specialiștilor din țara noastră, s-au obținut rezultate remarcabile atît cu caracter fundamental, cît și aplicativ, realizîndu-se condițiile pentru extinderea lor în industrie.

BIBLIOGRAFIE

1. BERKOVSKI, B., (Editor). *Thermomechanics of Magnetic Fluids*, Washington, D.C., Hemisphere (1978).
2. ZAHN, M., ROSENSWEIG, R. E. (Editori). *Proc. Second Int. Conf. on Magnetic Fluids*, IEEE Trans. Magn., MAG-16, 2 (1980).
3. CHARLES, S. W., POPPLEWELL, J. (Editori). *Proc. Third Int. Conf. on Magnetic Fluids*, J. Magn. Magn. Mater., 39 (1983).
4. SHIMOIZAKA, J., KAMIYAMA, S., (Editori). *Proc. Fourth Int. Conf. on Magnetic Fluids*, Tokyo-Sendai (1986), J. Magn. Magn. Mater. (va apare).
5. LUCA, E. ș.a. *Ferofluidele și aplicațiile lor în industrie*. Ed. Tehnică, București (1978).
6. CHARLES, S. W., POPPLEWELL, J. *Ferromagnetic Liquids*. In: E. P. Wohlfarth (Editor), *Ferromagnetic Materials*, vol. 2, p. 509—560 (1980).
7. BLUMS, E. YA., MIHAILOV, YU. A., OZOLS, R. YA. *Teplo i massoobmen v magnitnom pole*, Ed. Zinatne, Riga (1980).
8. FERTMAN, V. E. *Magnitnie jidkosti — estestvennaia konvektsiia i teploobmen*, Ed. Nauka, i Tehnika, Minsk (1978).
9. BLUMS E. YA. (Editor), *Ghidrodinamika i teplofizika magnitnih jidkosti*, Riga (1980).
10. GOGOSOV, V. V., NALETOVA, V. A., SAPOŠNIKOVA, G. A. *Ghidrodinamika namagnicivaiușcihsia jidkosti*, Itoghi Nauki i Tehniki, Mehanika jidkosti i gaza, Tom 16, p. 76—210 (1981).
11. SHLIOMIS, M. I. *Magnitnie jidkosti*, Usp. Fiz. Nauk, vol. 112, 3, 427 (1974).
12. BIBIK, E. E. *Rheologhia dispersnih sistem*, Universitatea din Leningrad (1981).
13. ANTON, I. (sub redacția). *Aplicațiile ferofluidelor*, Seminar tehnico-științific, I. P. Timișoara (1980).
14. ANTON, I. (sub redacția). *Lucrările Conf. Maș. hidr. și Hidrodin.*, vol. 7. *Fluide magnetice*, I. P. Timișoara (1985).
15. ANTON, I., VÉKÁS, L., POTENCZ, I., SUCIU, E. *Ferrofluid flow under the influence of rotating magnetic fields*, IEEE Trans. on Magn., MAG-16, 2, 283 (1980).
16. COLȚEU, A. *Polarisations of magnetic fluids*, J. Magn. Magn. Mater., 39, 88 (1983).
17. ANTON, I., POTENCZ, I. SUCIU, E., VÉKÁS, L. *Dynamical sealing with magnetic fluids*, Proc. 7th Int. Meeting on Sealing Tech, Budapest, vol. I, 189 (1982).
18. OLARU, R., COTAE, C., GROSU, I., CALUGARU, GH. *Investigation of an inclination transducer*. J. Magn. Magn. Mater., 39, 162 (1983).
19. ANTON, I., DE SABATA, I., VÉKÁS, L., POTENCZ, I., SUCIU, E. *Magnetic fluid seals. Some design problems and applications*. In: Shimoizaka, J., Kamiyama, S. (Editori), *Proc. Fourth Int. Conf. on Magnetic Fluids*, Tokyo-Sendai (1986).
20. VÉKÁS, L., POTENCZ, I., BICA, D., MINEA, R. *On the behaviour of magnetic fluids in strong nonuniform magnetic fields*. In: Shimoizaka, J., Kamiyama, S. (Editori). *Proc. Fourth Int. Conf. on Magnetic Fluids*, Tokyo-Sendai (1986).
21. COTAE, C. *Dielectric anisotropy in ferrofluids*. J. Magn. Magn. Mater. 39, 85 (1983).
22. SCHOLTEN, P. C. *How magnetic can a magnetic fluid be?* J. Magn. Magn. Mater., 39, 99 (1983).
23. MAILFERT, A. J., NAHOUNOU, B. *Dielectric behaviour of a ferrofluid subjected to a uniform magnetic field*. IEEE Trans. Magn. MAG-16, 254 (1980).
24. COTAE, C., CALUGARU, G. *Magnetodielectric properties of unpolar ferrofluids*. Czech. J. Phys., 31, 639 (1981).
25. TRUȘCULESCU, M., LIȚA, M. *Dimensional distribution of the magnetic particles in some ferrofluids*. Rev. Roum. Sci. Techn., — Méc. Appl. Tome 30, Nr. 2—3, 317 (1985).
26. GROPSIAN, Z., MINEA, R., TEMMER, I. *Bul. Șt. Tehn. al IPT, seria Chimie*, Tom. 25 (39), 2 (1980).

27. ANTON, I., VEKAS, L., POTENCZ, I., BICA, D. *Fluide magnetice. Structură și unele aplicații*. In: Șt. cercet. Mec. Apl., Tom 43 (5—6), 451 (1984).
28. ANTON, I., VEKAS, L., POTENCZ, I., BICA, D. *Povedenie magnetnih jidkosti v neodnorodnom magnetnom pole*. Magnitnaia Ghidrodinamika, Nr. 3, 13, (1985).
29. MARTSENYUK, M. A., TCHERNATINSKII, V. I. *Transverse heat transport in ferrofluid in rotating magnetic field*. IEEE Trans. Magn. MAG-16 326 (1980).
30. TAKETOMI, S. *Magnetic fluids' anomalous pseudo Cotton-Mouton effects about 10^7 times larger than that of nitrobenzene*. Jap. P. Appl. Phys., 22 (7), 1137 (1983).
31. GOTOH, K., ISLER, W. E., CHUNG, D. Y. *Theory of ultrasonic attenuation in magnetic fluids*. IEEE Trans. Magn. MAG-16, 211 (1980).
32. POLUNIN, V. M., ROSLIAKOVA, L. I. *O zavisimosti skorosti zvuka v magnetnoi jidkosti ot napriazhennosti magnetnovo polia i ciastoti kolebania*. In: Magnitnaia Ghidrodinamika, Nr. 4, 59, (1984).
33. TAKETOMI, S. *Magnetic fluid sensor using an anomalous pseudo Cotton-Mouton effect of a magnetic fluid thin film*. Proc. 3rd Sensor Symp., Fukuoka (Japan), 175 (1983).
34. ANTON, I. ș.a. *Turbotransformatorul MHD și alte aplicații ale fluidelor magnetice*. In: Memoriile Secț. Șt. ale Acad. R.S.R., Seria IV, tom. III, nr. 2, 93 (1980).
35. GLAZOV, O. A. *Profili skorosti magnetnih jidkosti vo vraschaliushishi magnetnih poliah*. In: Magnitnaia Ghidrodinamika, Nr. 1, 27 (1982).
36. DE SABATA, I. *Questions concernant les dimensions principales des poles d'un scellement magneto-fluid*. In: Rev. Roum. Sci. Techn. Méc. Appl. Tome 30, Nr. 2—3, 237 (1985).
37. ORLOV, L., FERTMAN, V. E. *Prințipi rasceta i konstruirovaniia magnetoidkostih uplotnenii*. In: Magnitnaia Ghidrodinamika, Nr. 4, 89 (1980).
38. MATUSEVICH, N. P., RAKHUBA, V. K., CHERNOBAI, V. A. *Eksperimentalnoe issledovanie ghidrodinamicheskikh teplovih protessov magnetoidkostnih uplotnenii*. In: Magnitnaia Ghidrodinamika, Nr. 1, 1215 (1983).
39. Ferrofluidics Corp. (S.U.A.). *Solving vacuum feedthrough problems with ferrofluidic seals*, 1979.
40. RAJ, K., GRAYSON, M. A. *Mass spectrometric studies of material evolution from magnetic liquid seals*. In: Rev. Sci. Instr., vol. 51, Nr. 10, 1370 (1980).
41. COTAE, C., CALUGARU, G. *On calculating the ferrofluid leakproof loading*, IEEE Trans. Magn. MAG-17, 1156—1159 (1981).
42. IUȘAN, V., HOMORODEAN, L. *Magnetoidkostnii spektrometr plotnosti s postoiannim ($H \nabla$) H* . In: Magnitnaia Ghidrodinamika, Nr. 3, 133 (1982).
43. GOGOSOV, V. V. ș.a. *Some theoretical and practical problems of separation in magnetic fluids*. In: J. Magn. Magn. Mater., 39, 165 (1983).
44. REZLESCU, N. ș.a. *Fizica separării magnetice a materialelor*. In: Memoriile Secțiilor Șt. Acad. R.S.R., Tom III, Nr. 1m 135 (1980).
45. REZLESCU, N., BĂDESCU, V., BRADU, E. B., IACOB, GH. *Principiile separării magnetice a materialelor*, București, Ed. Academiei R.S.R., (1984).
46. HWANG, J. Y., TAKAYASU, M., FRIEDLANDER, F. J., KULLERUD, G. *Application of magnetic susceptibility gradient to magnetic separation*. In: J. Appl. Phys. 55(6), 2592 (1984).
47. SHIMOIZAKA, J., NAKATSUKA, M., FUJITA, T., KOUNOSU, A. *Sink-float separators using permanent magnets and water based magnetic fluid*. In: IEEE Trans. Magn. MAG-16, 368 (1980).
48. POTENCZ, I., SUCIU, E., VEKAS, L. *Magnetofluidic transducers for low pressure differences*. In: Rev. Roum. Sci. Techn. Méc. Appl. Tome 30, Nr. 2—3, 323 (1985).
49. BAILEY, R. L. *Lesser known applications of ferrofluids*. In: J. Magn. Magn. Mater., 39, 178 (1983).
50. BOTTENBERG, W., MELILLO, L., RAJ, K. *The dependence of loudspeaker design parameters on the properties of magnetic fluids*. In: Proc. 61st Conv. Audio Eng. Soc, (1978).

51. DE SABATA, I., COLTEU, A., FRANGOS, V. *Măsurarea curenților continui intensi folosind lichide magnetice.* In: *Metrologia Aplicată*, vol. 27, Nr. 3, 108 (1980).
52. EMUSS, D. J., EMUSS, A. E. *Magnetic liquid instruments attractive in shock conditions.* In: *Electr. Rev.* vol. 202, Nr. 10, 37 (1978).
53. ROSENSWEIG, R. E. Patent S.U.A. nr. 3488531 (1970).
54. RUSSELL, M. K., RUSSELL, A. W. Patent S.U.A. nr. 4047439 (1977).
55. AHALAIA, M. G., KAKIAȘVILI, M. S., BERIIA, V. P. *Perspektivă primeneniia magnitnih jidkosti v biologhii i mediiine*, in *Fiziceskie svoistva magnitnih jidkosti*, Sverdlovsk (1983), p. 115.
56. TSYB, A. F. *ș.a. Magnetic fluids as contrast media.* In: *J. Magn. Magn. Mater.*, 39, 183 (1983).
57. AHALAIA, M. G., KAKIAȘVILI, M. S., ZAKARAIA, K. A. *O biologhiceskoi aktivnosti magnitnih jidkosti.* I-a Conf. Unională de Lichide Magnetice, Ivanovo (1985), vol. I, p. 16.
58. BLUMS, E. YA., *ș.a. Magnitovospriimcivie mikroapsuli, soderjașcie lekarstvennie preparati.* I-a Conf. Unională de Lichide Magnetice, Ivanovo (1985), vol. I, p. 49 și 51.
59. GOLDSKY, M. *New methods for sealing, filtering and lubricating with magnetic fluids.* In: *IEEE Trans. on Magn.* MAG-16, 382 (1980).
60. GRAY, R. J. *The detection of strain-induced martensite in types 301 and 304 stainless steels by epitaxial ferromagnetic etching.* In: *Microstructural Science* (Editori Gray, R. J., McCall, J. L.), vol. 1, 159, Elsevier, (1974).
61. RAJ, R., MOSKOWITZ, R. *A review of damping applications of ferrofluids.* In: *IEEE Trans. on Magn.*, MAG-16, 358 (1980).
62. SAMBUCETTI, C. J. *Magnetic ink for jet printing.* In: *IEEE Trans. on Magn.*, MAG-16, 364 (1980).
63. MARUNO, S. K., YUBAKAMI, K., SOGA, M. *Plain paper-recording process using magnetic fluids magneto-fluid-graphy.* In: *J. Magn. Magn. Mater.*, 39, 187 (1983).
64. SULMAN, Z. P. *ș.a. Ispolzovanie magnitoreologhiceskovo efekta v ustroistvah robototekhniki*, XI-lea Simp. MHD, Riga (1984), vol. III, p. 155.
65. SLIAGO, YU. I. *ș.a. Strukturno-mehaničeskie svoistva abrazivnih instrumentov na osnove magnitoreologhiceskih jidkosti v magnitnom pole*, II-lea Simp. MHD, Riga (1984), vol. III, p. 151.

Ing. Victor Popescu-Pietriș
Prof. dr. ing. Igor Ivanov
Combinatul de Îngrășăminte Chimice
Turnu-Măgurele

1. Considerații generale

Industria chimică din țara noastră s-a dezvoltat în ultimii 20 de ani în proporții deosebit de mari, crescând totodată complexitatea proceselor chimice și, implicit, agresivitatea mediilor respective. Dezvoltarea accelerată a industriei determinată de revoluția tehnico-științifică a impus desfășurarea intensivă a proceselor tehnologice pentru obținerea unor randamente maxime.

Obținerea acestor performanțe este determinată de parametrii funcționali activi: presiuni, temperaturi, concentrații, viteze de circulație a fluidelor mari etc., care acționează distructiv sub forme diferite asupra utilajelor tehnologice. În astfel de condiții, coroziunea materialelor de construcții ale utilajului tehnologic este o problemă tehnico-economică importantă, care impune alegerea, folosirea și exploatarea corectă a lor.

Asigurarea desfășurării proceselor tehnologice complexe, care impun schimbări rapide de temperatură, în condiții de presiune și solicitări de coroziune, au determinat folosirea de materiale de construcție care prezintă cele mai bune rezistențe la efectele distructive generate de diversitatea mediilor din tehnologiile utilizate și de condițiile de exploatare.

Materialele metalice satisfac în mare parte condițiile impuse materialelor de construcție anticorosive. Ele au o utilizare largă în construcțiile de utilaje; dar majoritatea metalelor sînt insuficient de stabile chimic la acțiunea unor medii agresive (acid clorhidric, acid fosforic, acid sulfuric etc.), iar utilizarea unor metale deficitare (Ni, Cr, Ti, Ta, W etc.) este de multe ori economic contraindicată sau nerecomandată.

Materialele nemetalice au căpătat în special în ultimii ani o utilizare din ce în ce mai largă ca materiale de construcții în multe procese tehnologice complexe nu numai ca înlocuitori de metale insuficient de stabile chimic sau deficitare cît și ca materiale de utilizare obligatorie.

Utilizarea materialelor din polimeri a adus o adevărată revoluție în construcția utilajelor și aparaturii industriale, care judicios întrebunța-

te, ținând seama de proprietățile lor fizico-mecanice și de rezistența lor chimică a permis fabricarea unui mare sortiment de utilaje și aparate, în particular acelor în care tehnologia de fabricație impune o puritate foarte mare a produselor.

Fiecare categorie de materiale posedă anumite caracteristici specifice care fac din ele materiale indicate pentru anumite utilizări. Criteriile principale pentru selecționarea unui material de construcție sînt rezistența chimică față de mediul în care urmează să fie exploatat, proprietăți fizico-mecanice și fizico-termice corespunzătoare condițiilor de solicitare. În acest mod s-a creat o situație că unele procese care se desfășoară în medii puternic agresive nu puteau fi realizate întrucît materialele metalice, deși au proprietăți fizico-mecanice și conductivitate termică bună, sînt insuficient de stabili chimic în condițiile date de exploatare, iar materialele nemetalice, deși sînt suficient de stabile chimic, pe lîngă alte dezavantaje fizico-chimice, nu au conductivitate termică necesară.

Cerințele impuse unui material de construcție se complică în cazul unor condiții de exploatare deosebite, cînd materialele sînt supuse simultan la solicitări chimice și termice, ca în cazul proceselor tehnologice care au loc prin admisie sau evacuare de căldură, cînd materialul trebuie să aibă pe lîngă rezistență la coroziune și o conductivitate termică foarte bună.

În căutarea de materiale care să îmbine maximum de proprietăți necesare și să corespundă cel mai bine la cerințele impuse de exploatarea utilajelor tehnologice, s-au fabricat materiale carbograftice, care prezintă un complex de proprietăți fizico-chimice, fizico-mecanice și tehnologice: densitate aparentă redusă, rezistențe mecanice bune, rezistență la coroziune remarcabilă, transfer termic deosebit, stabilitate termică, rezistență la șoc termic, dilatare termică redusă, inerție fiziologică, prelucrabilitate, aderență la diferite suporturi bună etc., care îi indică ca materiale de construcție de utilaje de înaltă temperatură.

Actualmente, construcția utilajelor din materialele carbograftice, pe plan mondial, este extinsă pentru un număr mare de industrii, în care procesele tehnologice impun condiții specifice și pe care materialele carbograftice le pot îndeplini.

2. Materiale carbograftice

În general, prin materiale carbograftice se înțeleg toate materialele carbonice sau grafitice. În sens restrictiv, materialele carbograftice sînt materiale carbonice sau grafitice fabricate prin arderea formelor crude obținute prin deformarea plastică a unor amestecuri din materiale carbonice naturale, măcinate pînă la o anumită granulație (cocs de petrol, cocs de cărbune, grafit natural, negru de fum, electrogrfit etc.), lianți (smoală de ulei, rășină sintetică, metal), substanțe auxiliare (de impregnare, de ungere, de plastificare etc.), amestecuri realizate pe principiul

maximei compactități. Arderea se efectuează la temperaturi ridicate pentru obținerea fie a structurii de cocs (produse din cărbune artificial), fie a structurii de grafit (produse din electrografit). Înainte de ardere, produsele se protejează împotriva oxidării prin acoperire cu praf de huilă, care în același timp servește la conducerea căldurii și protejează semifabricatul înmuiat la încălzire. În timpul arderii, liantul este descompus termic, parțial eliminându-se sub formă de gaz sau vaporii, iar restul rămas sub formă de cocs aglomerează particulele de cărbune inițial într-un tot unitar.

Produsele din cărbune artificial se obțin prin arderea la 1300°C a formelor rezultate prin deformarea plastică a amestecului de material carbonic (cocs de petrol, cocs de smoală, antracit calcinat) cu un liant (smoală de huilă fără sau cu adaos de ulei de antracen, gudron și smoală de huilă).

Cărbunele artificial obținut este un material cu structură poroasă, cu un volum de pori de 10...30%, cu duritate ridicată, carbonul găsindu-se într-o stare mai mult sau mai puțin amorfă, iar nucleele de grafit formează o rețea neregulată. Duritatea mare a materialului asigură o rezistență mare la uzură, dar materialul se prelucrează greu, de obicei numai cu scule așchietoare din material dur (vidia, diamant). Acesta prezintă un coeficient de dilatare termică redus și astfel are o rezistență bună la variațiile de temperatură și o insensibilitate la șoc termic. Conductivitatea termică este mai ridicată decât cea a materialelor ceramice, dar destul de redusă pentru a împiedica pierderi mari de căldură din recipiente încălzite din interior.

Materialele prezintă de asemenea rezistență excepțională la coroziune, analoagă cu aceea a carbonului, în atmosferă oxidantă pînă la max. 400°C, iar în atmosferă inertă sau reducătoare pînă la 2000°C.

Proprietățile fizico-mecanice ale unor produse din cărbune artificial, tabelul 13.1.

Produsele din electrografit sînt materiale obținute pe cale electrotermică, printr-un tratament termic la temperaturi înalte (2500...3000°)

Tabelul 13.1

Proprietățile fizico-mecanice ale unor produse din cărbune artificial

Proprietate fizico-mecanică	Cilindri	Blocuri	Tuburi
Densitate, kg/m ³	1550	1550	1550
Rezistență la întindere, daN/cm ²	26...46	27...59	62...69
Rezistență la compresiune, daN/cm ²	134...204	134...288	490...720
Rezistență la încovoiere, daN/cm ²	56...93	57...117	179...190
Porozitate, %	22...23	22...23	20...22
Coeficient de dilat. term., K ⁻¹ ·10 ⁵	0,24	0,24	0,24
Coef. de conductivitate term., cal/cm s. °C	0,025	0,025	0,025

a formelor crude rezultate din deformarea plastică a unui amestec de material carbonic (cocs de petrol sau cocs de smoală, antracit sau materiale carbonice grafitate ca, de exemplu, electrozi grafiți) și un liant (smoală de ulei, gudron de ulei etc.) sau prin arderea produselor de cărbune artificial în cuptor electric la cca 3 000°C, când are loc un proces de recristalizare a particulelor de cărbune, care mărește considerabil zonele de cristale de grafit. Materialul obținut are o densitate de cca 1 500 kg/m³, este moale, cu rezistențe mecanice suficiente, rezistență la coroziune excepțională și conductivitate termică și electrică foarte bune.

Proprietățile fizico-mecanice ale unor produse din electrograzit sint prezentate în tabelul 13.2.

Tabelul 132

Proprietățile fizico-mecanice ale produselor din grafit artificial

Proprietăți	Produse		
	Cilindri	Blocuri	Tuburi
Densitate, kg/m ³	1 550	1 550	1 550
Rezistență la întindere, daN/cm ²	31—53	40—49	55—61
Rezistență la compresiune, daN/cm ²	225—239	414—240	316—350
Rezistență la încovoiere, daN/cm ²	106—126	105—125	198—209
Corozivitate, %	30—31	30—31	28—30
Coefficient de dilatare termică, K ⁻¹ ·10 ⁵	0,1—0,24	0,1—0,24	0,1—0,15
Coefficient de conductivitate termică, cad/cm·s·°C.	0,35—0,40	0,35—0,40	0,35—0,40

Datorită acestor proprietăți din materialele carbografitice se realizează semifabricate (blocuri, plăci, cilindri, tuburi, țevi, cărămizi etc.) din care prin prelucrare pe mașini-unelte se obțin plese de pompă, armături, subansambluri de utilaje, electrozi pentru industria electrometalurgică și electrochimică (pentru electroliza aluminiului, producerea de siliciu metalic, fosfor, feroaliaje etc.), masa pentru electrozi continui, blocuri și cărămizi pentru înzidirea furnalelor și cuptoarelor electrice, pentru captușirea vetrelor și pereților laterali ai băilor de electroliză în industria aluminiului, țevi și tuburi, materiale de construcție și căptușeală putând fi folosite numai acolo unde compactitatea și impermeabilitatea materialelor nu constituie condiții obligatorii pentru folosirea lor.

Materialele carbografitice și în special electrograzitul cu toate proprietățile lor fizico-mecanice remarcabile, devin necorespunzătoare, pentru utilajul chimic care lucrează în medii lichide sau gazoase, datorită porozității lor deschise de 10—30%. Ele devin însă un material de construcție apreciat numai după reducerea porozității lor, prin colmatarea prin impregnarea porilor și a canalelor fine și uniform repartizate în material.

Ele rămân impregnate până la o anumită temperatură de stabilitate, funcție de natura impregnatului, întrucât dacă materialul carbografitic impregnat cu rășină sintetică este supraîncălzit, rășina se va descompune, iar dacă este impregnat cu metal, metalul se topește și se scurge, dar matricea carbografitică rămâne intactă.

Realizarea impermeabilității materialelor carbografice la gaze și lichide constă în impregnarea lor cu diferite substanțe de impregnare care aderă bine, fără interstiii, de pereții porilor, având proprietățile de rezistență la coroziune și stabilitate termică cât mai ridicate. Ca impregnanti se utilizează diferite substanțe: material cocsificabil (smoală de ulei, smoală de petrol, carbon pirolitic, gudron de ulei), rășini sintetice (fenol-formaldehidă, furanică, poliesterică, polimeri fluorati, siliconică etc.), metale și, mai rar, alți impregnați (ulei vegetal, silicat de sodiu, rășini naturale etc.). Impregnarea permite să se obțină materiale rezistente la coroziune, cu conductivitate termică înaltă și impermeabile pentru lichide și gaze, calitatea materialelor impregnate fiind hotărîtor determinată de proprietățile impregnatului.

Astfel, deși diferitele calități de electrografit fabricate prin diferite procedee nu se deosebesc esențial între ele, după impregnare cu rășini sintetice, electrografitele impregnate sînt sensibil diferite.

Deși proprietățile granulelor de cărbune și grafit sînt foarte puțin influențate prin impregnare, limite de stabilitate termică, care la materialul neimpregnat în atmosferă inertă este de peste $2\,000^{\circ}\text{C}$, în cazul grafitului impregnat cu rășină sintetică, funcție de tipul rășinii, scade pînă la 170°C și 220°C (temperatura de descompunere a rășinilor). Prin impregnare cresc în mod sensibil proprietățile mecanice și, în special, rezistența la rupere și încovoiere, care se măresc de peste trei ori față de valorile inițiale ale materialelor neimpregnate.

Materialele carbografice impermeabilizate cu polimeri fluorurați (politrifluoroclorenă, politetrafluoroclorenă), deși au stabilitate excelentă la coroziune și asigură umplerea porilor și fisurilor pînă la compactitatea totală, prezintă dezavantajul că în operația de impregnare pot fi folosite numai sub formă de emulsie, care trebuie evaporată, operație care reduce compactitatea.

Dacă impregnarea se face cu un material cocsificabil (smoală, gudron de ulei), care în procesul termic ulterior se descompune termic, carbonul rezultat se depozitează în porii scheletului de grafit și dacă acest proces se repetă un număr suficient de ori, se pot obține materiale cu o densitate pînă la $1\,950\text{--}2\,000\text{ kg/cm}^3$, practic, impermeabile la gaze și lichide, care sînt constituite numai din carbon, impregnarea neinfluențînd rezistența la coroziune și stabilitatea termică, specifice electrografitului, ca în cazul impregnării cu rășini sintetice.

Cărbunele artificial impregnat este produsul rezultat din impregnare cu un impregnat (smoală de ulei, rășină sintetică, metale etc.) a cărbunelui artificial în scopul îmbunătățirii unor proprietăți fizico-mecanice și în vederea utilizării produselor din cărbune impregnat la realizarea unor instalații, utilaje, subansamble, elemente de instalații etc. folosite în desfășurarea unor procese industriale.

Principalele proprietăți fizico-mecanice comparative ale cărbunelui amorf neimpregnat, impregnat cu rășină fenolică, impregnat cu plumb antimonios (83% Pb și 13% Sb) și impregnat cu cupru fosforos ($91,7\%$ Cu și $8,3\%$ P) sînt date în tabelul 13.3.

Tabelul 13.3

Principalele proprietăți fizico-mecanice ale cărbunelui artificial neimpregnat și impregnat

Calitatea cărbunelui artificial	Densitatea kg/m ³	Porozitatea %	Rezistența la încovulire bar	Rezistență la compresiune bar	Modul de elasticitate 10 ³ bar	Duritatea Brinell daN/mm ²	Coef. de dilatație liniară (20...200°C) 10 ⁻⁶ K ⁻¹	Coef. de conductivitate termică W/mK	Căldură specifică cal/g·°C	Rezist. electr. specifi. ohm·mm ² /m
Neimpregnat	1 580	12,8—10,7	504—492	1 300—1 020	1,19—1,23	64—60	2,4	14,2	0,205	33
Impregnat cu rășină fenolică	1 620—1 630	3,94—5,75	613—525	1 510—1 700	1,51—1,34	137—108	2,2	13,8	0,214	32—33
Impregnat cu plumb antimonios	2 590—2 630	3,73—0,8	840—805	2 430—1 840	1,75—1,86	213—190	3,3	23,2	0,134	7,5—7,3
Impregnat cu cupru fosforos	2 430—2 380	5,9—4,4	780—702	peste 5 000	1,45	159—119	4,4	21,7	0,174	12—10,6

Tabelul 13.4

Principalele proprietăți fizico-mecanice ale electrografitului neimpregnat și impregnat

Calitatea electrografitului	Densitatea, kg/m ³	Porozitatea, %	Rezistența la încovulire, daN/cm ²	Rezistența la compresiune, daN/cm ²	Modulul de elasticitate, 10 ³ daN/cm ²	Duritatea Brinell HB 12,5, daN/mm ²	Coef. de dilatație liniară, 20—200°C 10 ⁻⁶ K ⁻¹	Coef. de conductivitate termică, W/mK	Căldura specifică, cal/g·°C	Rezistența electrică specifică, ohm·mm ² /m
Neimpregnat	1 550—1 510	24,6—26,8	228—246	440—400	0,57—0,55	14,5—11,4	2,4	8,14	0,184	12—11
Impregnat cu rășină fenolică	1 750—1 740	0,5—9,9	396—414	730—710	0,72—0,70	35,4—28,2	4,5	94,1	0,228	10,5—11
Impregnat cu Pb antimonios [87% Pb+13 Sb]	3 820—3 680	0,52—4,7	534—552	900—1 000	1,65—1,76	35,4—28,2	6,9	93,5	0,096	2,6—2,9
Impregnat cu cupru fosforos [91,7% Cu+8,3% P]	3 290—3 336	6,6—4,9	735—840	1 600—1 330	1,17—1,86	48,0—45,5	5,9	100,7	0,149	2,9—2,8

Electrografitul impregnat este produsul rezultat prin impregnarea cu substanțe de impregnare (smoală de huilă, rășini fenolice sau fenolice modificate, poliesteri, silicat de sodiu, metale topite etc.) a electrografitului, în urma căreia se obțin materiale impermeabile la gaze și la lichide (cu excepția oxidanților puternici), ușor prelucrabile, cu unele proprietăți fizico-mecanice modificate, funcție de natura impregnantului folosit.

Electrografitul impregnat, material carbografitic principal în construcția de utilaje tehnologice, prezintă un complex favorabil de proprietăți.

Conductivitatea termică a electrografitului se apropie de a metalelor, plasându-se imediat sub Cu și Al, dar care însă nu sînt utilizate larg în construcția de utilaje tehnologice fie datorită rezistenței lor slabe la coroziune limitate ca domeniu, fie din motive economice. Această conductivitate termică permite ca la schimbătoarele de căldură să se obțină coeficienți de schimb caloric foarte ridicați; într-un evaporator din electrografit de 8 350...12 500 W/hm², pe cînd la evaporatori din oțel inoxidabil, lucrînd în aceleași condiții, se poate obține doar 2 900—3 340 W/hm².

Rezistența la coroziune este foarte bună față de majoritatea agenților chimici agresivi, în afară de agenții oxidanți puternici care pot uneori să-i disloce structura sa, ca urmare a stabilității mai reduse a rășinilor de impregnare utilizate la astfel de agenți și, în particular, față de unii agenți alcalini și agenți oxidanți (în special acidul azotic concentrat și acidul sulfuric concentrat), care nu atacă grafitul, dar pot distruge impregnarea, în special fenolică. La temperaturi de peste 450—500°C electrografitul începe să se oxideze în aer.

Electrografitul impregnat prezintă, de asemenea rezistență excelentă la șoc termic, impermeabilitate absolută pentru lichide chiar la presiune de 4—6 daN/cm², rezistențe mecanice suficiente care se mențin și la temperaturi mari, coeficient de dilatare mic, conductivitate electrică bună, nefiind umectabil de către metale topite, inerție fiziologică, prelucrabilitate bună cu toleranțe minime pe mașini-unelte, în particular prin așchiere etc.

Principalele proprietăți fizico-mecanice comparabile a două sorturi de electrografit, neimpregnat și impregnat cu rășină fenol-formaldehidă, impregnat cu plumb antimonios (87% Pb și 13% Sb) și impregnat cu cupru fosforos (91,7% Cu și 8,3% P) tabelul 13.4.

Rezistența excelentă la coroziune a electrografitului impregnat (cu mult superioară electrografitului neimpregnat), conductivitatea termică înaltă (care în calculul utilajelor tehnologice poate fi considerată egală cu a oțelului), rezistența la șoc termic, coeficient de dilatare liniară mic, stabilitate termică înaltă, prelucrabilitate cu toleranțe minime pe mașini-unelte etc. constituie proprietăți foarte importante pentru utilizarea electrografitului impregnat ca material de construcție și de protecție a unor serii întregi de piese, aparate, utilaje și instalații tehnologice supuse la solicitări chimice deosebit de agresive și la solicitări termice puternice.

Procesul tehnologic de fabricare a produselor carbografitice nu prezintă deosebiri esențiale de la un produs la altul.

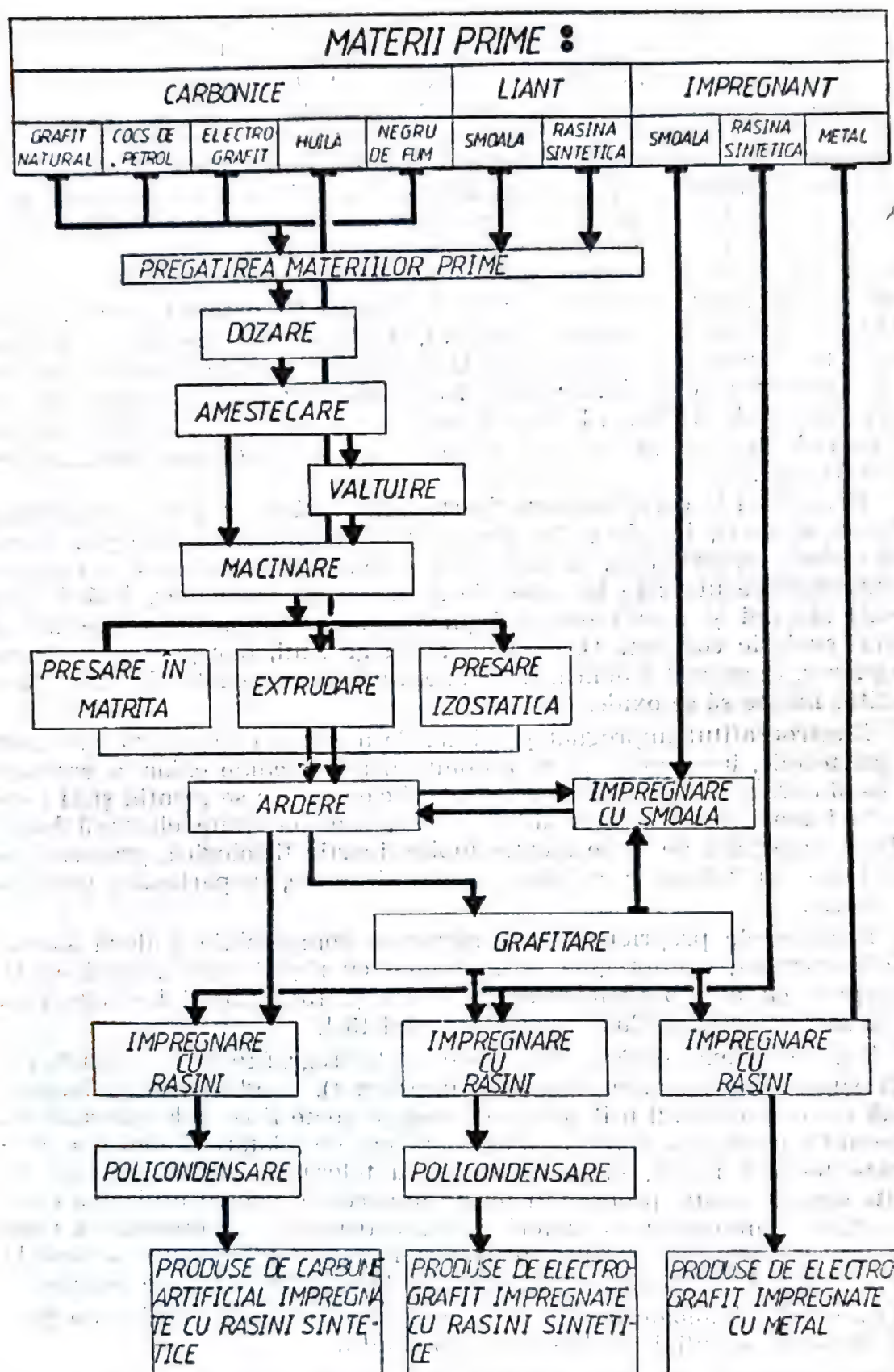


Fig. 13.1. Flux cadru tehnologic al fabricării produselor carbografitice impregnate.

Fluxul cadru al operațiilor procesului tehnologic pentru fabricarea produselor carbografitice, neimpregnate și impregnate, întocmit pe baza observațiilor că majoritatea operațiilor și succesiunea lor sînt comune tuturor tipurilor de produse carbografice, este prezentată în fig. 13.1.

3. Utilaje carbografice

Folosirea în industria chimică și în cele înrudite a unor medii puternic agresive, asociate cu necesitatea de evacuare sau admisie de căldură, impune crearea și folosirea de utilaje, aparate, dispozitive, instalații etc., din materiale potrivite condițiilor de exploatare.

Datorită faptului că materialele carbografice însumează două proprietăți specifice remarcabile: rezistență la coroziune excepțională față de un mare număr de medii agresive și conductivitatea termică foarte bună, alături de rezistențe mecanice suficiente și de bună prelucrabilitate pe mașini-unelte, materialele se impun ca materiale de construcție, într-un vast domeniu de utilizare, fiind cu deosebire indicate acolo unde intervin probleme de schimb de căldură, de încălzire și răcirea lichidelor și a gazelor, concentrări și evaporări, condensări de vapori, distilări, rectificări și absorbție, sinteze și purificări de substanțe chimice etc., în condițiile unei agresivități excesive ale lichidelor și gazelor vehiculate.

Datorită caracteristicilor fizico-mecanice și fizico-chimice ale materialelor carbografice în particular a electrografitului impregnat, la proiectarea și construirea utilajelor din electrografit impregnat se ține seama de următoarele observații și prescripții minime:

- materialul carbografic avînd rezistențe de întindere și încovoiere mici, dar rezistență la compresiune mai bună (de 2,5 ... 3 ori mai mare decît cea la încovoiere și de 7 ori mai mare decît la întindere), la proiectarea utilajelor se valorifică rezistența la compresiune și se caută ca în utilaje solicitările la tracțiune și la forfecare să fie pe cît posibil evitate și ca în locurile respective să apară în schimb solicitări la compresiune;

- proprietățile mecanice, ale electrografitului impregnat și, în special, reziliența lui fiind mult inferioare proprietăților mecanice ale metalelor și că materialele carbografice fiind fragile sînt sensibile la lovituri, ciocniri și ruperi, acțiunile mecanice de acest fel trebuie evitate;

- grosimile de perete mai mari care se iau pentru materialele din electrografit impregnat (datorită rezistenței mecanice mai mici față de metale) nu au o influență deosebită asupra transferului de căldură;

- la construirea schimbătoarelor de căldură complexe din electrografit impregnat și din oțel, trebuie ținut seama de diferența între coeficienții de dilatație liniară a celor două materiale (cel al electrografitului fiind de 4 ori mai mic decît al oțelului) prin prevederea unor sisteme de compensație a dilatațiilor liniare termice, pentru eliminarea deformațiilor termice;

— se evită la piese secțiuni de trecere bruște și concentrări de tensiuni (orificii, filete etc.) ca urmare a fragilității materialului și capacității reduse de prelevare a deformațiilor mici până la rupere;

— la alegerea toleranțelor și ajustajelor pentru asamblările antifricționale carbografice se va ține seama de diferența în coeficienții de dilatare termică a materialelor din cuplu;

— să se execute piesele din materiale antifricționale cu aceleași toleranțe ca și piesele din metale;

— să se asigure o disipare intensă a căldurii de frecare la piesele din materiale antifricționale, la viteze mari de alunecare, a căldurii de absorbție etc.;

— întrucât utilajele din grafit se realizează în special pentru medii excesiv de agresive la care nu rezistă sau revin neeconomic alte materiale, toate piesele utilajelor care vin în contact cu mediile agresive trebuie executate sau căptușite cu electrografit impregnat, iar garniturile executate din material anticorosiv (PTFE, cauciuc, azbest cauciucat etc.); mantalele de oțel unde se prevede o oarecare coroziune, trebuie protejate fie cu pelicule anticorosive, fie prin cauciucare, iar în cazul unor medii mai agresive se execută din elemente presate din rășină fenolformaldehidă, sau se căptușesc cu materiale anticorosive din electrografit, sau se execută numai din electrografit;

— etanșările, să fie cât mai puține, folosind garnituri din materiale elastice și anticorosive (PTFE, cauciuc etc.), etanșarea țevelor în placa tubulară a aparatelor să se facă prin sisteme speciale, fixarea acestora realizându-se prin adeziv sau chituri corespunzătoare mediilor agresive (acidorezistente sau alcalinorezistente) sau prin folosirea garniturilor elastice;

— întrucât elementele de construcție curbe (piese fasonate etc.) sînt greu de executat din electrografit impregnat, se va urmări folosirea de elemente de construcție drepte;

— deși materialul permite, datorită prelucrabilității sale, îmbinarea prin filet, trebuie să se evite filetul cu pas mic;

— utilajele, se vor executa, cu piesele principale dintr-o singură bucată sau, cînd dimensiunile piesei sînt mari, prin îmbinarea mecanică prin flanșe etc., sau prin lipire, cu adezivi sau chituri anticorosive, pe bază de rășini, sintetice alegîndu-se forma potrivită pentru lipire.

Principalele utilaje, aparate, dispozitive și instalații care se fabrică și se utilizează sînt: schimbătoare de căldură, coloane, cuptoare de reacție, agitatoare, pompe, țevi, piese de legătură, armături, membrane de siguranță, materiale de căptușire, garnituri din compoziții carbografice pentru reperi în mișcare, instalații tehnologice.

Schimbătoare de căldură din materiale carbografice se folosesc ca aparate independente sau componente în instalații în care procesele tehnologice se realizează cu absorbție sau eliminare de căldură.

După tipul constructiv, schimbătoarele de căldură se folosesc la:

— schimb de căldură între lichid-lichid, gaz-lichid și gaz-gaz, absorbție izotermă a gazelor cu ajutorul unui lichid, condensarea vaporilor

sau condensarea parțială a amestecului vapori-gaze cu un lichid de răcire, încălzirea lichidelor și gazelor cu abur (schimbătoare de căldură cu plăci);

— schimb de căldură între lichide sau între gaze; drept condensator sau deflegmator, corp de încălzire pentru vaporizare, concentrare și evacuare-răcire a lichidelor și gazelor (schimbătoare de căldură bloc);

— încălzire sau răcire a mediilor agresive din recipiente, reactoare, băi galvanice, în instalații pilot, instalații de laborator și industriale (schimbătoare de căldură imersibile);

— încălzire sau răcire a cantităților mici de lichid în diferite instalații pentru presiuni de lucru ridicate, condensare de gaze și vapori, drept corp de încălzire în instalații de vaporizare (schimbătoare de căldură tubulare).

Intrucât la alegerea materialelor de construcție pentru schimbătorul de căldură se ține seama de eficacitate termică, de pierderi de presiune, de proprietățile fizico-mecanice, de rezistența la coroziune, de pierderile în producție datorită opririlor necesitate de curățirea schimbătorului, de condițiile în care se depun crustele și de ușurința de curățire etc., aparatele din materiale carbogرافitice impregnate s-au dovedit cu deosebire eficiente în instalații pentru următoarele procese:

— schimb de căldură și de substanță la acid clorhidric și gaze cu conținut de acid clorhidric;

— încălzirea și reîncălzirea acidului clorhidric și a soluțiilor acide de orice concentrație;

— vaporizarea și răcirea soluțiilor de acid clorhidric;

— vaporizarea acidului fosforic;

— schimb de căldură și substanță pentru răcire și încălzire la acid fluorhidric și gaze cu conținut de acid clorhidric;

— diluare și răcire a acidului sulfuric concentrat;

— încălzirea și răcirea acidului sulfuric de orice concentrație;

— schimb de căldură și substanță la amestecuri de reacție cu unul sau mai mulți componenți corosivi (fabricarea paroxidului de hidrogen etc.);

— schimb de căldură la fabricarea ierbicidelor, pesticidelor, insecticidelor și produselor farmaceutice;

— prelucrarea de SO_2 și gazelor cu conținut de SO_2 ;

— prelucrarea apelor reziduale;

— schimb de căldură la încălzirea directă și indirectă a băilor de decapare;

— răcirea gazelor arse din arderea minereurilor sulfurice și din arderea gazelor arse din cocserii;

— schimb de căldură la evaporarea soluțiilor băilor de filare, precum și la transferul de căldură între două soluții de filare de temperatură și compoziție chimică diferită;

— condensarea și răcirea vaporilor substanțelor organice agresive (amestec de acid acetic — aldehydă acetică etc.);

— tratarea termică a apelor minerale și termale, prin menținerea substanțelor importante din punct de vedere balneoterapeutic;

— recondiționarea acizilor deșeu (și în special a HCl) din gazele reziduale ale unor procese tehnologice.

Schimbătoarele de căldură cu plăci sînt schimbătoare de căldură eficiente, folosite ca: schimbătoare de căldură între lichide, între gaze și lichide, între gaze.

Schimbătoarele au o construcție simplă, compusă din plăci montate astfel ca să formeze două sisteme de camere cu secțiunea dreptunghiulară, cu canale în formă de „V” complet separate, dispuse alăturat, în care curg mediile respective, fiecare cameră a unui sistem fiind mărginită de două camere ale celuilalt sistem, transmiterea căldurii realizîndu-se în două direcții: camerele sînt separate între ele cu plăci, pereții laterali ai camerelor fiind confecționați din plăci prin lipire.

Schimbătoarele datorită formei lor constructive prezintă coeficienți buni de transmisie termică, posibilitatea vehiculării a doi agenți corosivi și curățirii chimice, dar și dificultăți la reparații, rezistențe hidraulice relativ mari, nu sînt indicate la vehicularea fluidelor care depun cruste sau cristalizează, dar tipul cu pereții frontali demontabili elimină acest ultim neajuns, în care caz plăcile pot fi curățate mecanic.

Schimbătoarele se fabrică cu suprafețe de schimb variabile 1,8 ... 32 m², uzual de maxim 24 m², întrucît realizarea suprafețelor mai mari este legată de dificultăți de material, preferîndu-se să se obțină suprafețe mai mari de schimb de căldură prin montarea în baterie a mai multor schimbătoare, funcție de necesitățile tehnologice.

Schimbătoarele de căldură tubulare în diferite execuții constructive sînt cele mai răspîndite schimbătoare de căldură carbograftice. Ele sînt executate din țevi impregnate, simple sau armate cu fibre în cazul unor solicitări mari, prinse în racorduri din grafit. Ele prezintă un randament mult mai mare decît al schimbătoarelor din oțel, iar lichidul vehiculat nu se impurifică cu diferite substanțe.

Din punct de vedere constructiv se realizează următoarele schimbătoare de căldură tubulare: tubular simplu, cu fascicul tubular, cu fascicul tubular și cap flotat, tubular cu răcire prin stropire, tubular tip baionetă, tubular cu nervuri.

Schimbătorul de căldură tubular simplu este un schimbător fără presgarnitură și constă dintr-un recipient din oțel, căptușit cu electrografit impregnat, spațiul produsului fiind singurul rezistent la coroziune și se folosește în special la încălzirea sau răcirea cantităților mici de lichid, răcire sau condensarea gazelor și vaporilor, cu deosebire indicat pentru presiuni de lucru ridicate.

Schimbătorul de căldură fascicul tubular este constituit din manta (corp, carcasă) de oțel, cu fascicul de țevi din electrografit impregnat (nearmate sau armate în fibre de carbon, de poliesteri, de sticlă etc.) fixate în plăci tubulare de electrografit impregnat, cu racorduri pentru intrarea și ieșirea agenților termici și cu un racord suplimentar pentru aerisire (cînd agentul cald este aburul). Prezintă avantajul construcției mai simple, suprafeței de transfer mare, ușurinței de înlocuire a țevilor, domeniul mai larg de utilizare.

Se execută cu diferite suprafețe de schimb de căldură și practic pînă la 1 000 m² în cîteva tipuri constructive care se deosebesc prin diferite combinații ale ansamblurilor și principalelor piese și după modul de asamblare pot fi de construcție rigidă sau elastică.

Schimbătoare de construcție rigidă au o construcție simplă cu plăcile tubulare fixe și sînt indicate în cazul în care intervine o dilatare termică diferențială relativ limitată care corespunde unei diferențe de temperaturi ale mediilor vehiculate de maxim 70°C.

Schimbătoarele de construcție elastică au o construcție mai complicată, întrucît este evitată rigidizarea între fasciculul de țevi și corpul aparatului, cu ajutorul presetupelor sau printr-o construcție specială ce permite o deplasare liberă axială a țevelor și mantalei în cazul dilatărilor termice (schimbător de căldură cu fascicul tubular și cu cap flotant).

Schimbătorul tubular cu cap flotant, (mobil), constructiv îmbină în mare măsură cele două deziderate importante la orice schimbător de căldură: evitarea necesității curățirii de crustă și de depuneri a suprafeței de încălzire și evitarea eforturilor de dilatare neegală a țevelor și mantalei de la schimbătoarele de căldură tubulare datorită coeficienților de dilatare termică diferit.

În astfel de schimbătoare una din plăcile tubulare este fixă, îmbinată cu capacul schimbătorului, iar cealaltă este liberă și se poate deplasa în oarecare măsură, în direcția de dilatare a țevelor, schimbătoarele fiind de tip închis, capătul inferior flotant (fig. 13.2) sau tip deschis, capătul superior flotant.

Schimbătoarele de căldură tubulare cu răcire prin stropire sînt destinate în special pentru răcirea mediilor agresive lichid-lichid sau lichid-gaz (abur) denumite curent răcitoare cu stropire. Ele sînt construite din 1...3 secții de țevi din grafit și dispozitivul de stropire montate pe o carcasă din oțel sudate.

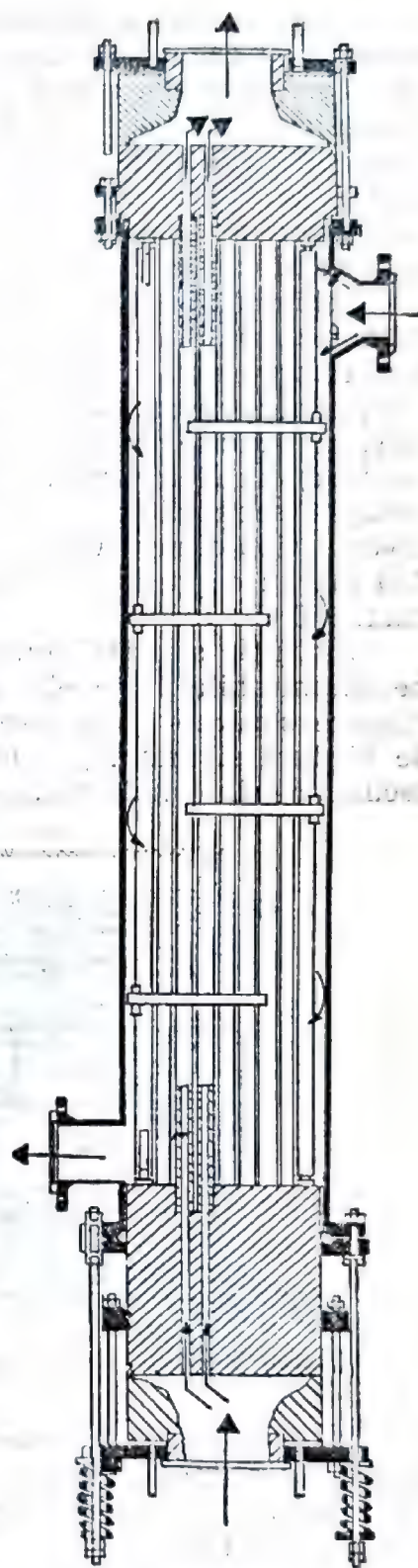


Fig. 13.2. Schimbător de căldură cu fascicul tubular și cap flotant (mobil).

Secția este asamblată din două rînduri verticale de elemente: un element fiind constituit dintr-o țevă și două coturi de trecere (schimbător cu 1 secție și 2 rînduri) sau din 2 țevi asamblate succesiv prin flanșe (schimbător cu 2 secții și 2 rînduri) sau din 3 țevi asamblate succesiv prin flanșe și 2 coturi de trecere (schimbător cu 3 secțiuni și 2 rînduri). Mediul agresiv curge succesiv prin țevile elementelor, iar suprafața exterioară este stropită cu apă. Schema de principiu a schimbătorului cu stropire cu 3 secții este prezentată în fig. 13.3.

Schimbătoarele de căldură bloc sînt constituite dintr-o carcasă (manta) cilindrică sau paralelipipedică, din oțel sudat (la unele tipuri din electrografit impregnat) în care intră un singur bloc schimbător de căldură, cilindric, cubic sau paralelipipedic (schimbător de căldură monobloc) sau mai ales, mai multe blocuri schimbătoare (schimbător de căldură multi- sau polibloc) din electrografit impregnat. Funcție de solicitările industrial-tehnologice schimbătoarele de căldură se realizează în sistem de module în diverse tipo-dimensiuni, obținîndu-se suprafețe de transfer termic de 150 m^2 , cu o presiune de exploatare de 21 bar și pentru temperaturi de max. 185°C .

Blocurile sînt străpunse prin găurire de canale orizontale și verticale necomunicabile între ele, astfel amplasate încît formează 2 sisteme de curgere separate prin care circulă 2 fluide între care se face schimbul de căldură și anume, fluidul primar circulă prin canale axiale, fluidul secundar prin canale radiale.

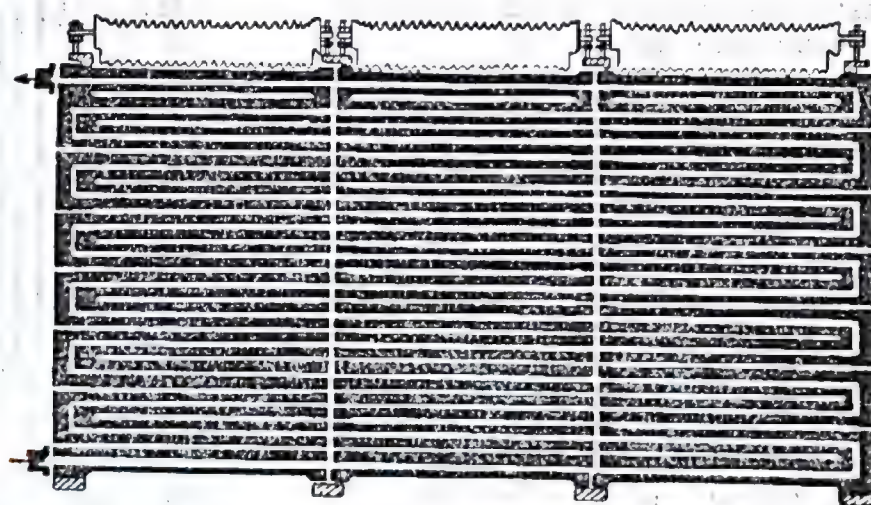


Fig. 13.3. Schimbător de căldură cu stropire (schemă de principiu).

Întreaga construcție se termină cu doi colectori din electrografit impregnat cîte unul la fiecare extremitate, asigurînd repartizarea fluidului, iar concepția lor foarte diversă permite să se satisfacă numeroase imperative de utilizare.

Etanșeitatea între blocurile schimbătoare de căldură este asigurată prin garnituri din materiale corespunzătoare solicitărilor (P.T.F.E., cauciuc etc.).

Schimbătorul de căldură orizontal monobloc este constituit de obicei, dintr-o manta de oțel sudată în care intră un singur bloc de schimb de căldură, compensarea dilatării între carcasa din oțel și elementele din grafit fiind efectuată prin resorturi din oțel inoxidabil, care asigură o strângere constantă a garniturilor, independent de temperatura aparatului. Este, indicat în instalațiile de decapare, preferabil schimbătoarele verticale, da-

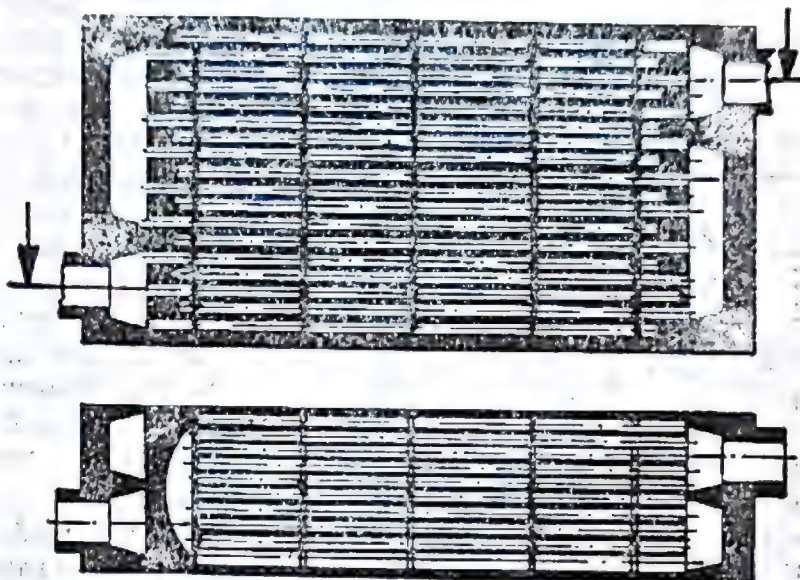


Fig. 13.4. Schimbător de căldură orizontal bloc (schemă de principiu).

torită lipsei garniturilor intermediare, ușurinței de manipulare, demontare și remontare, posibilității de montare a lor deasupra nivelului băii de decapare ceea ce permite golirea lui automată în cazul opririi pompei și a instalației și în special recomandat, pentru evitarea supraîncălzirii acidului în cazul opririi și a manevrării greșite, ceea ce antrenează formarea sulfatului de fier monohidrat insolubil, care obturează și deteriorează blocurile schimbătorului.

Schimbătorul de căldură orizontal bloc pentru 2 medii agresive și 8 treceri este prezentat în fig. 13.4.

Schimbătoarele de căldură monobloc verticale, sînt destinate pentru un mediu agresiv care efectuează o trecere prin canale verticale, iar agentul termic o trecere în fiecare bloc prin canale orizontale.

Schimbătoarele de căldură polibloc sînt construite în sistem modul prin care se poate realiza o suprafață de schimb de 240 m² și o presiune de lucru de 21 bar, avînd prevăzute pe traseele celor două fluide de schimb o serie de „tăieturi“, judicios dispuse pentru a menține o stare de extremă turbulență ce asigură un schimb optim de căldură.

Schimbătorul de căldură vertical multibloc este prezentat în fig. 13.5.

Un schimbător de căldură bloc de execuție specială este cu deosebire indicat în balneologie la încălzirea apei minerale cu abur, utilizarea

fiind avantajoasă, în special cînd fiecare conținut de cadă trebuie să fie încălzit separat.

Schimbătoarele de căldură imersibile denumite uneori și elemente schimbătoare de căldură imersibile se cufundă în poziție orizontală sau verticală în mediul agresiv, singular, în perechi sau în baterii întregi (cînd este necesară transmiterea unei cantități mai mari de căldură lichidului

în curs de încălzire) și care sînt destinate cu deosebire pentru încălzirea sau răcirea mediilor corosive conținute în recipiente, rezervoare, băi galvanice etc., ca schimbătoare de căldură mici în instalații pilot și de laborator. În general, se fabrică schimbătoare de căldură de atîrnare (suspendare), registru de încălzire, țevă de scufundare, cilindru de scufundare.

Un schimbător de căldură cilindric imersat în mediu agresiv este prezentat în fig. 13.6.

Coloanele fără sau cu dispozitive speciale interioare (umplură sau talere cu clopote) construite din electrografit impregnat se folosesc acolo unde condițiile severe de exploatare, coroziunea sau temperatura impun folosirea proprietăților remarcabile ale electrografitului impregnat.

Astfel de coloane se folosesc drept coloane de absorbție, distilare, rectificare, spălare a gazelor etc., a mediilor agresive și în particular la: spălarea cu ajutorul unei soluții clorhidrice a gazului din cupetoare cu sulfat în fabricarea acidului clorhidric gazos; fixarea cu acid sulfuric a hidrocar-

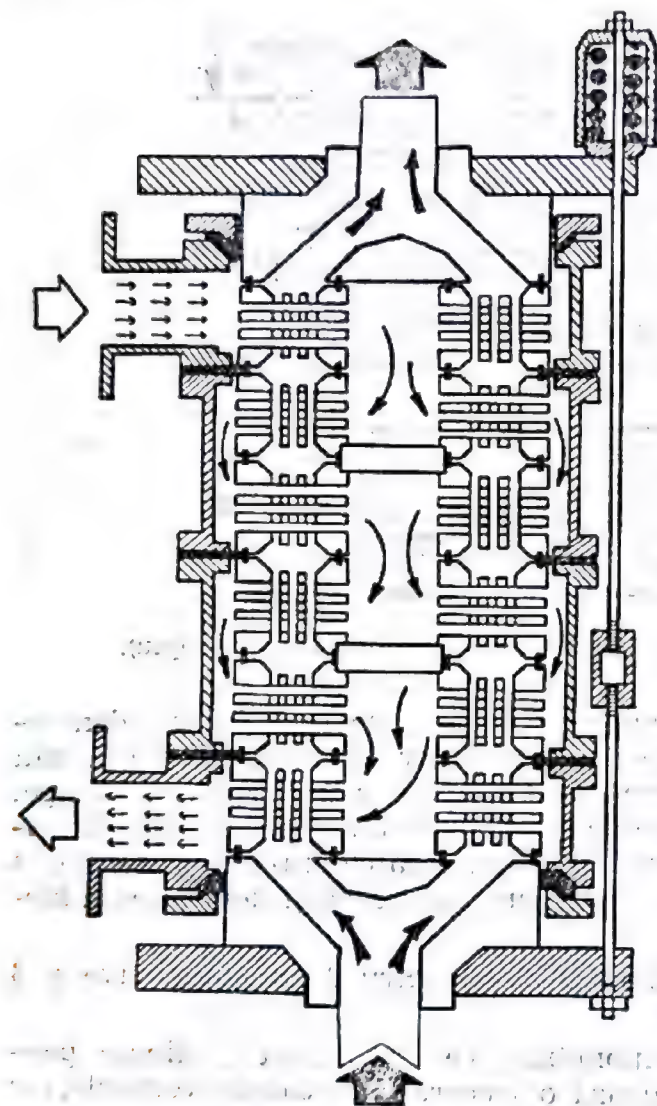


Fig. 13.5. Schimbător de căldură multibloc (polibloc).

burilor nesaturate din gazele de crăcare a unor produse petroliere; absorbția cu apă a acidului clorhidric gazos; răcirea prin pulverizare de apă a amestecurilor de vapori de apă și de produse corosive furnizate la ejectoarele (condensatori barometrice) etc.

Coloanele cu umplură din electrografit impregnat avînd ca umplură inele Rashig sau Pall din electrografit constituie o soluție economică

pentru a asigura transferul de materie sau de căldură între 2 faze (în general lichid și gaz). Se folosesc în special în procese de absorbție (absorbția adiabatică a HCl gazos impurificat cu substanțe organice etc.), distilare, rectificare și spălare de gaze în industria chimică și farmaceutică.

Coloană cu talere și clopote din electrografit impregnat, datorită proprietăților de rezistență mecanică și prelucrabilitate a grafitului au eficiență ridicată. Se realizează cu presiuni de lucru pînă la 1 daN/cm², temperatura de lucru pînă la 150°, dimensiunile tronsoanelor fiind: diametrul interior de 300×1 000 mm, înălțimea sub 1 500 mm, grosimea peretelui de 50...110 mm. O coloană cu talere cu clopote este prezentată în fig. 13.7.

Absorberele din electrografit sînt destinate să absoarbă un gaz prin intermediul unei soluții absorbante, atît gazul cît și soluția putînd circula în același sens sau în contra-curent. În cazul absorbției în apă a acidului clorhidric gazos, pentru a se obține o soluție de acid clorhidric, reacția fiind puternic exotermă, iar soluția puternic agresivă, absorberele realizate din electrografit impregnat cu bună conductivitate termică și rezistență la coroziune sînt cu deosebire indicate în sinteza acidului clorhidric.

Un absorber tubular multi-bloc este prezentat în fig. 13.8.

Reactoarele din materiale carbogratice se fabrică de regulă din cilindrii din carbogratit impregnat cu diametrul interior pînă la circa 1 200 mm, cu capacitate de circa 1 600 l, fiind inclus într-o manta pentru preluarea mediului de răcire sau încălzire.

Agitatoarele se folosesc pentru amestecarea lichidelor agresive, avînd toate piesele care vin în contact cu astfel de lichide din electrografit sau sînt căptușite cu grafit.

Se fabrică agitatoare în care lichidul este încălzit sau răcit în recipientul din grafit impregnat al aparatului și prezintă avantajul față de

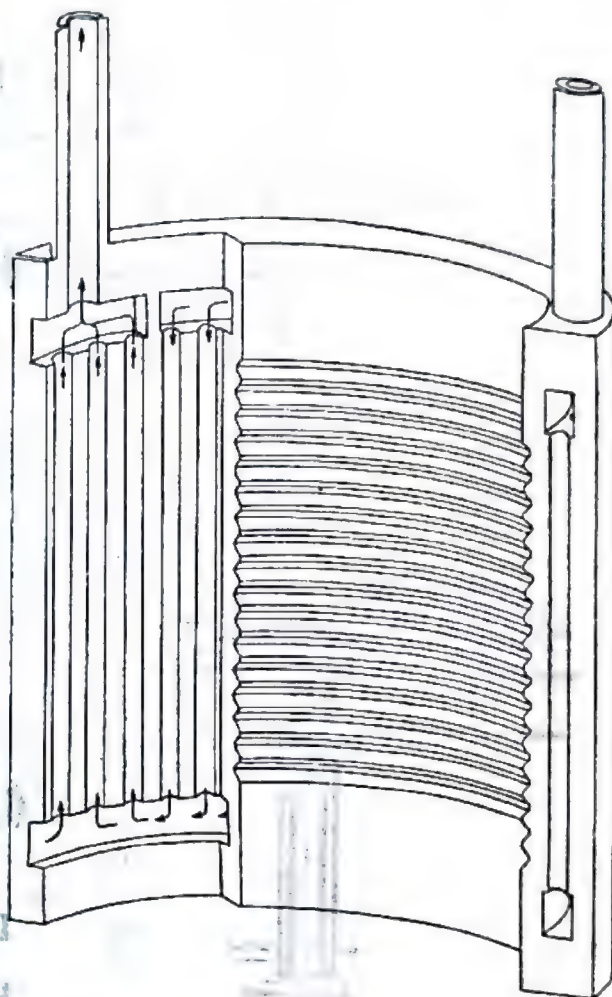


Fig. 13.6. Schimbător de căldură cilindric imersat (secțiune).

aparatele din oțel-emailat, fontă-emailată, sau ceramică, printr-un timp de încălzire respectiv răcire a produselor, mai redus.

Agitatoarele de capacitate mică au recipientul îmbrăcat în manta de oțel, spațiul dintre recipient și manta fiind destinat pentru mediul de încălzire sau de răcire, iar agitatoarele de capacitate mare au recipient fără manta, avînd prevăzute canale pentru încălzire sau răcirea conți-

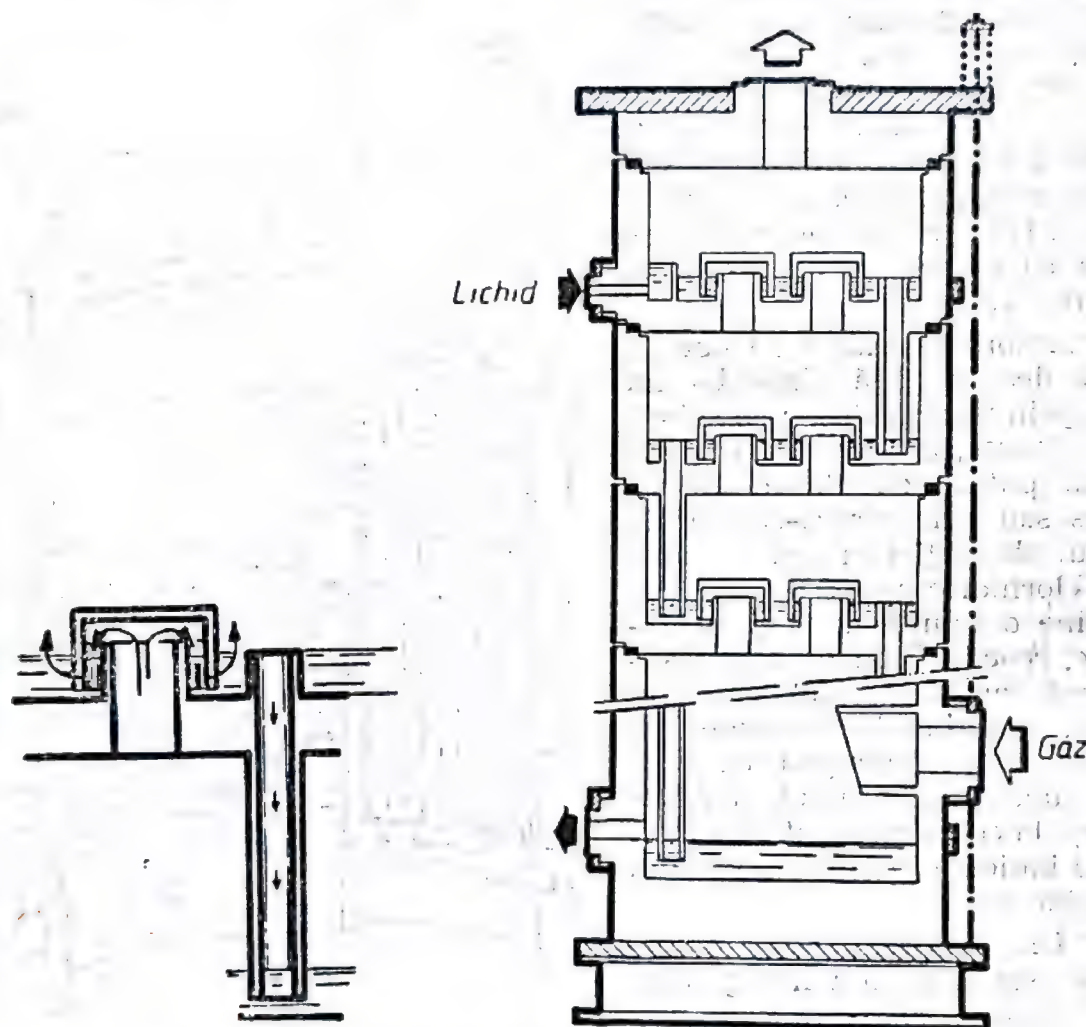


Fig. 13.7. Coloană de absorbție cu talere și clopote.

nutului, mecanismul pentru acționarea agitării și arborele îmbrăcate cu grafit impregnat aflîndu-se deasupra recipientului.

Pompele executate din materiale carbografitice sînt bine adaptate la transportul diverselor lichide puternic corosive și datorită stabilității lor chimice sînt sigure în exploatare și fără nevoie de întreținere. Aceste pompe sînt preferabile pompelor din alte materiale, în cazurile dificile la pomparea acizilor sau amestecurilor de acizi, soluțiilor de decapare care conțin impurități (oxizi, cristale etc.) și îndeosebi la temperaturi de peste

100°C, la care nici pompele din metal nici cele din materiale termoplaste (mai puțin P.T.F.E.) și termorigide nu rezistă.

Pompele centrifugale se folosesc în instalațiile chimice care lucrează curent cu debite pînă la 160 m³/h, diametrul rotorilor pînă la 210 mm, la înălțimea de transport pînă la 40 m.

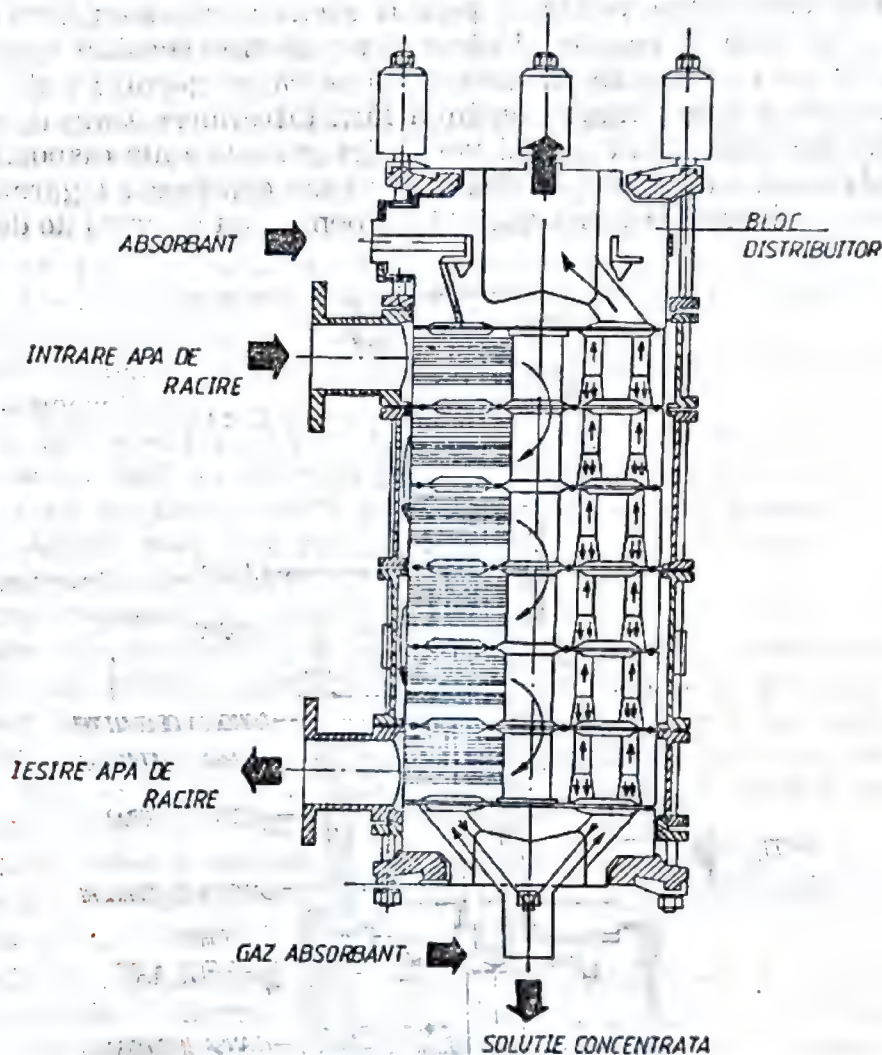


Fig. 13.8. Absorber tubular multibloc (polibloc).

Pompele din grafit impregnat se folosesc în special pentru transportarea unor lichide agresive ca: HCl, HF, H₂SO₄, amestecuri de HCl + H₂SO₄, hidrocarburi aromate etc. La pomparea lichidelor agresive cu particule abrazive în suspensie se folosesc de preferință pompe din carbune artificial dur, impregnat.

Pompele centrifuge orizontale se fabrică din grafit impregnat, mono-etajate, tip proces, ceea ce permite demontarea prin spate, țevile de legătură din instalație rămânând fixate pe corpul pompei, pentru debite pînă

la 500 m³/h, cu o înălțime monometrică pînă la 50 m (la 1 450 rot/min) și pînă la 100 m (la 2 900 rot/min).

Pompele verticale prezintă avantajul că elimină, încă din amplasament, o blocare a spațiului, avînd și posibilitatea de a degaja suprafața la sol, fixînd pompele lîngă rezervor, cînd acesta poate fi prevăzut cu întăririle necesare.

Pompele centrifuge verticale permit recircularea soluțiilor conținute în bacuri și în cuve de reacție al căror nivel rămîne sensibil constant.

Pompele se caracterizează prin lipsa oricăror garnituri de etanșare, ceea ce permite o funcționare continuă fără întreținere timp de ani, chiar fără demontare (necesitînd numai verificări periodice ale dispozitivelor de ungere, asigurînd lubrefierea rulmenților care echipează lagărele pomperlor). Curent, se fabrică o gamă variată de pompe cu interval de debite pînă

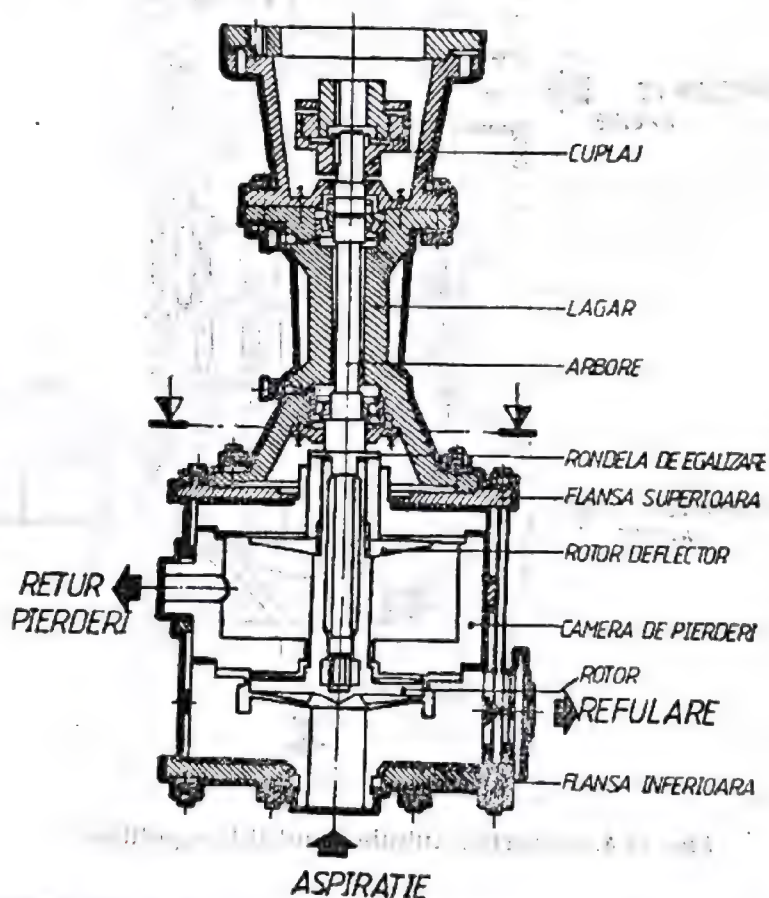


Fig. 13.9. Pompă centrifugală verticală.

la 200 m³/h, pentru o înălțime manometrică de 80 m, funcție de rotația considerată (1 450 sau 2 900 rot/min) și pentru o temperatură de serviciu de 145°C.

O pompă centrifugă verticală este prezentată în fig. 13.9.

Pompa verticală semi-imersibilă derivată direct din pompa verticală prezintă particularitatea de a putea fi cufundată parțial în lichidul de

pompat, simplificând astfel funcționarea și operațiile de amorsare. Pompele sînt realizate în totalitate sau în parte din electrografit impregnat sau dintr-o combinație de electrografit și P.T.F.E., avînd o înălțime manometrică totală de 60 m la viteza de 1 450 rot/min.

Ejectoarele din electrografit impregnat se folosesc în industria chimică, utilizarea lor fiind justificată în toate cazurile în care se impune aspirarea gazelor corosive.

Ejectoarele se fabrică cu 1—4 etaje, comprimarea fluidului aspirat fiind realizată grație forței vii a fluidului motor (abur, aer, apă). Ejectoarele din electrografit sînt robuste, ușoare, rezistente la coroziune, insensibile la șoc termic (spre deosebire de ejectoarele ceramice), cu randament remarcabil, mai ieftine decît cele realizate din oțeluri inoxidabile etc.

Pentru realizarea vidului mai înaintat (presiuni absolute mai joase) decît cele ce pot fi realizate cu un singur ejector se utilizează instalații de vid cu 1—2 condensatoare și 2—4 ejectoare pentru diferite presiuni de aspirare și debite de aer aspirat.

Țevile carbograftice prezintă toate avantajele pe care le conferă materialul carbograftic.

Țevile din electrografit se fabrică prin extrudare sau presare (pentru dimensiuni pînă la 80 mm) și prin prelucrări mecanice din electrozi de grafit pînă la dimensiunile maxime ale acestora, urmate apoi de impregnare. Aceste țevi sînt utilizate frecvent pentru transportul fluidelor sau în construcția de aparate și utilaje din grafit.

Pentru creșterea suprafeței de transfer termic a țevelor, necesar unor aparate speciale, se realizează, țevi cu nervuri longitudinale interioare sau exterioare sau țevi cu nervuri elicoidale utilizabile în general în cazuri în care are loc condensare de vapori cu conținut de gaze inerte, schimbătoare de căldură tip Field etc., iar pentru creșterea în special a rezistenței la șoc, se realizează ranforsarea exterioară a țevelor cu fibre de carbon, sticlă, poliesteri etc.

Țevile se fabrică cu dimensiunile: $D_n = 26 \dots 106$ mm cu grosimea peretelui de $5 \dots 28$ mm pentru presiuni de utilizare de 4—12 bar și lungimi neîmbinate prin chituire de 3 000 mm.

Piese de legătură (coturi, cruci, teuri, reducții etc.) din electrografit folosite la țevile carbograftice se fabrică pînă la D_n 150 mm din blocuri compacte din materiale carbograftice iar peste aceste diametre din segmente separate asamblate prin chituire.

Armăturile industriale din electrografit impregnat folosite la realizarea diferitelor instalații prezintă față de varietatea mediilor de lucru și agresivității lor o serie de avantaje datorite caracteristicilor materialelor carbograftice folosite.

Armăturile au o construcție compactă, etanșeitate bună, nu prezintă în exploatare scăpări în exterior, au o rezistență hidraulică în general relativ mare, cursa relativ mică, sînt indicate pentru medii de lucru acide, la temperaturi de $-5 \dots +120^\circ\text{C}$ pentru presiuni nominale de $2,5 \text{ daN/cm}^2$, suportă fluide cu suspensii foarte fine, fără tendințe de sedimentare (cu excepția robinetelor cu cep).

Robinetetele din electrografit se fabrică de mai multe tipuri, integral din electrografit impregnat sau cu corpul din electrografit și, după caz, cu ventil, burduf sau supapă din P.T.F.E. Robinetul de trecere cu tijă dreaptă (fig. 13.10) se fabrică cu $D_n=15 \dots 150$ mm pentru presiuni pînă la 5 daN/cm^2 suprapresiune pentru lichide și 3 daN/cm^2 suprapresiune pentru gaze.

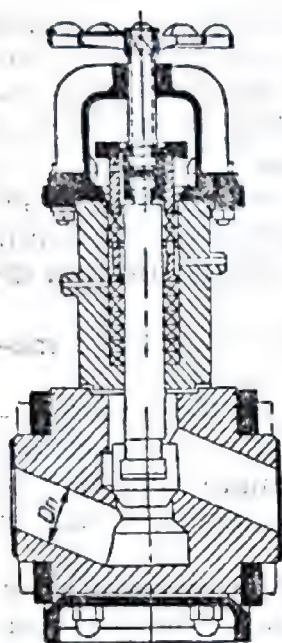


Fig. 13.10. Robinet de trecere cu tijă dreaptă.

Membranele de siguranță din grafit se folosesc în toate cazurile în care: un lichid sau un gaz este sau poate fi pus sub presiune sau vid, accidental sau permanent; fluidul este viscos sau se întărește termic (în care caz membrana înlocuiește supapa de siguranță); instalația poate fi supusă intemperiiilor (ger, umiditate) care ar putea distruge o membrană de siguranță metalică sau o supapă; în instalație au loc reacții exoterme puternice; fluidul vehiculat prin instalație este corosiv; se impune o protecție suplimentară unei supape de siguranță; membrana trebuie să funcționeze la temperaturi variabile (în locul unei membrane metalice).

Membranele de siguranță se fabrică în execuție curente sau specială, monobloc (discuri, monobloc cu membrană) sau amovibile (discuri cu membrană amovibilă) în $D_n=12,7 \text{ mm} \dots D_n=600 \text{ mm}$ și pentru presiuni de $0,07 \dots 100$ bar și pentru temperaturi de $-30 \dots +35^\circ$.

Membranele de siguranță curente se folosesc în condiții obișnuite de temperatură (sub 200°C) și în medii de corozivitate obișnuite (medii neoxidante). Ele se execută ca: membrane monobloc sau membrane amovibile.

Membranele monobloc sînt membrane care se uzinează împreună cu suportul sau din grafit impregnat ca o piesă unică de forme și dimensiuni diferite, funcție de valoarea presiunii de rupere și se folosesc împreună cu 2 garnituri antiacide, în general din azbest cauciucat.

Membranele amovibile sînt constituite dintr-o membrană din grafit impregnat, de grosime calibrată după presiunea de rupere, prevăzută cu garniturile sale și plasată între două elemente a unui suport din grafit impregnat (uneori din oțel inoxidabil). Se fabrică separat pentru presiuni medii și joase (cu membrane foarte subțiri), membrane care trebuie înlocuite după rupere, suportul rămînînd utilizabil.

Membrane de siguranță speciale sînt membrane monobloc sau amovibile, echipate cu un dispozitiv de izolație termică care menține temperatura medie a materialelor sub 150°C , cînd temperatura gazului cald în aparatură atinge 350°C și se folosesc în instalații în care temperaturile de serviciu sînt peste 150°C .

Dispozitivul este constituit dintr-o carcasă de electrografit impregnat echipat cu garnitură de presiune constînd în interior dintr-o garnitură de

fibre izolante, menținută dintr-o parte printr-o joantă de reținere și din altă parte printr-o grilă suport din cărbune poros.

Membranele de siguranță pentru exploatare la temperaturi ridicate (fig. 13.11) sînt realizate din electrografit neimpregnat, cu interval de stabilitate termică, de la -60°C pînă la $+300^{\circ}\text{C}$ în atmosferă oxidantă (în atmosferă inertă pînă la peste $2\,000^{\circ}\text{C}$) în care rezistența este practic con-

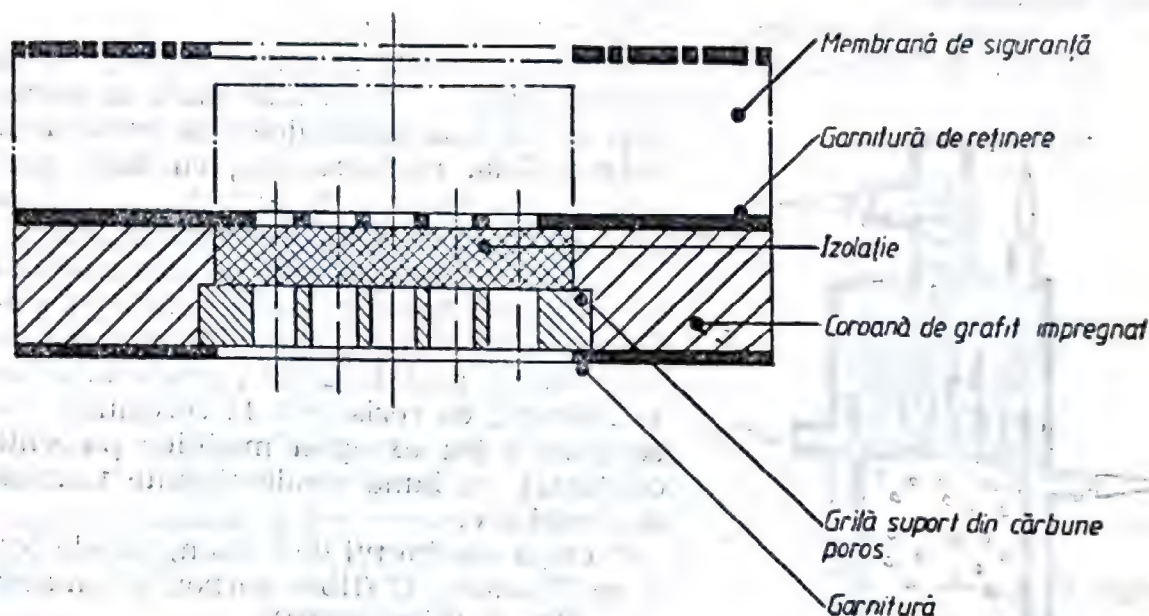


Fig. 13.11. Membrană de siguranță pentru temperaturi înalte.

stantă iar presiunea de rupere este independentă de temperatură. Se folosesc în diametre active de 25 ... 400 mm, pînă la 80% (la solicitarea pulsatoare pînă la 75%) din presiunea nominală de solicitare.

Pentru cazul exploatării membranelor de siguranță în medii puternic oxidante, se folosesc membrane din electrografit neimpregnat acoperite pe fața plină, cu o peliculă de polimer fluorurat iar membranele se montează în poziție inversă.

Instalațiile tehnologice pentru industria chimică realizate cu utilaje din materiale carbograftice (schimbătoare de căldură, coloane, cuptoare de reacție, ejectoare etc.) și folosite pentru sinteza, rectificare, diluare, concentrare etc., unor medii deosebit de agresive reprezintă cel mai important domeniu de utilizare pentru utilajele carbograftice.

Cele mai des folosite instalații din utilaje carbograftice sînt:

— instalații pentru industria acidului clorhidric: cu un cuptor de sinteză (reacție) la temperatura de $2\,000^{\circ}\text{C}$ pentru producerea HCl gazos (fig. 13.12);

— cu un cuptor de reacție și absorber pentru obținerea soluțiilor de HCl cu absorbție izotermă și adiabatică; de distilare și absorbție a HCl pentru obținerea a HCl gazos, pur și uscat, prin distilarea soluțiilor apoase de HCl prevăzute și cu schimbătoare de căldură pentru recuperarea căl-

durii; de rectificare a HCl prin distilarea soluțiilor concentrate cu coloană de distilare, fierbător refrigerent, separatoare etc. (fig. 13.13);

— instalații pentru acidul sulfuric destinate concentrării sau diluării acidului;

— instalația pentru concentrarea acidului fosforic.

— instalațiile pentru prelucrarea acidului fluorhidric și a altor compuși fluorurați;

— instalațiile pentru băile de tratament chimic în metalurgie.

Fibrele de carbon constituie cele mai recente materiale carbografite

folosite din ce în ce mai mult în industria chimică, a materialelor de construcții, aerospațială, nucleară etc., cu bune perspective în viitor și în alte domenii datorită proprietăților pe care le posedă.

Fibra de carbon este o fibră sintetică cu densitate mică, cu mare rezistență mecanică concomitent cu modul de elasticitate ridicat până la 2500° , termostabilitate ridicată, cu rezistență la coroziune excepțională (cu excepția mediilor puternic oxidante), cu bună conductivitate termică și electrică etc.

După conținutul de carbon, fibrele pot fi cu 90—95% C (fibre carbon obișnuite) și cu 99% C (fibre grafit).

După structura lor, fibrele carbon pot fi obținute cu planele predominant paralele cu axa fibrei și cu o slabă ordine îndepărtată (fibra carbon de înaltă rezistență), cu planele larg paralele cu axa fibrei (fibra carbon cu modul de elasticitate înalt; fibră grafit) și fără o orientare preferențială vizibilă, cu o ordine îndepărtată slabă (fibra carbon izotropă). Principalele proprietăți fizico-mecanice ale fibrelor carbon sînt prezentate în tabelul 13.5.

Fibrele carbon se pot obține, principal, prin următoarele procedee: piroliza fibrelor organice (polimer precursor); piroliza materialelor bituminoase (asfalt, smoală, gudron și alte produse similare); folosirea electrozilor de grafit în arc electric în atmosferă de argon, la presiunea de 92 at și temperatura de 600°C ; descompunerea sub formă de fibre din faza de vapori prin descompunerea termică a produselor formate prin încălzirea cocsului de retortă sau a amestecului metan-hidrogen.

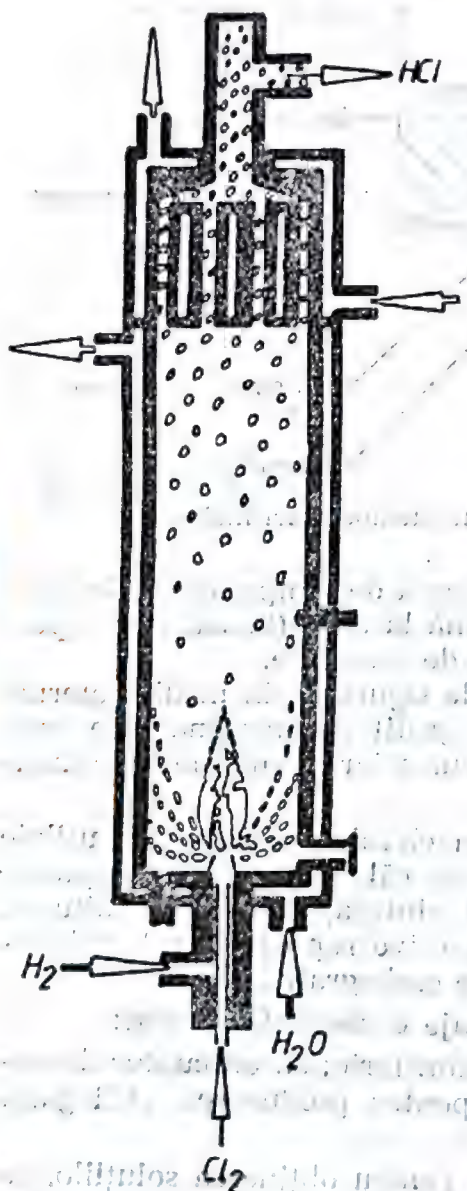


Fig. 13.12. Schemă de principiu a cuptorului de sinteză (reacție)

Metoda cea mai răspândită de obținere a fibrelor carbon constă în piroliza dirijată a fibrelor sintetice organice-precursori (poliacrilonitil, policlorură de vinil, alcool polivinilic, poliamide, fenolformaldehidă etc.), și, în general, toate hidrocarburile care se pot fila și carboniza fără să se topească, dar se folosesc în special fibrele acrilice, datorită comportării lor la încălzire.

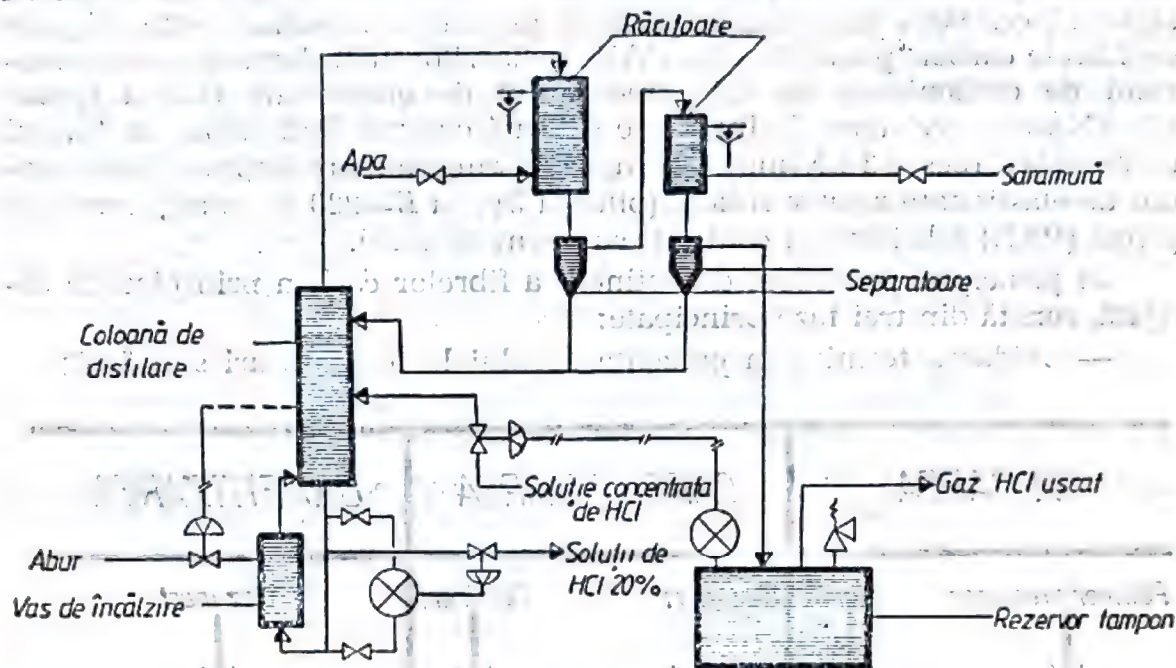


Fig. 13.13. Instalație de rectificare HCl prin distilarea soluțiilor concentrate.

Tabelul 13.5

Principalele proprietăți fizico-mecanice ale fibrelor carbon

Proprietatea	Fibră de carbon de rezistență înaltă	Fibră de carbon cu modul de elasticitate ridicat [fibră grafit]	Fibră de carbon izotropă
Densitate, kg/m ³	1 700—1 750	1 800—2 000	1 500—1 600
Rezistență la întindere, kN/mm ²	2,5—3,0	2,0—2,5	0,9
Modul de elasticitate, kN/mm ²	200—250	350—450	40
Coefficient de conductivitate termică [paralel cu fibră] W/m·K	15—20	60—100	15
Coefficient de dilatare termică [20—100°], K ⁻¹	-0,6·10 ⁻⁶	-1,0·10 ⁻⁶	+3·10 ⁻⁶
— paralel cu fibră	-0,6·10 ⁻⁶	-1,0·10 ⁻⁶	+3·10 ⁻⁶
— perpendicular cu fibră	+5·10 ⁻⁶	+15·10 ⁻⁶	+3·10 ⁻⁶
Căldură specifică, J/kg·K	710	—	—
Rezistență electrică specifică [paralel cu fibră] μΩcm	1,5—2,0	0,6—1,0	10

Obținute întâi (Anglia, anul 1960) sub formă de fascicule de filamente de carbon cu diametrul de circa $8\text{ }\mu\text{m}$, cu rezistența la tracțiune de $2,1 \dots 10^3\text{ daN/cm}^2$ și un modul de elasticitate de $4,2 \cdot 10^6\text{ daN/cm}^2$, ele s-au perfecționat obținându-se (Anglia, anul 1965) fibre pînă la 300 mm pentru structuri laminate și apoi fibre lungi, continue pînă la 600 m, perfecționându-se producerea lor prin cercetări în aproape toate țările dezvoltate, astfel că cca 90% din volumul total al producției mondiale, este asigurat de fibrele carbon provenite din PAN (poliacrilonitril) datorită: randamentului de carbonizare de 55%, modulului de elasticitate ridicat (peste 450 kN/mm), rezistență la întindere ridicată chiar și fără etirare în timpul carbonizării (peste 3 kN/mm^2), alungire la rupere mare obținut, la un modul de elasticitate relativ ridicat (pînă la 3% la $E=220\text{ kN/mm}^2$, materiei prime (PAN) fabricate în cantități suficient de mari.

În principiu, procedeul de obținere a fibrelor carbon prin piroliza dirijată, constă din trei faze principale:

- oxidarea termică în prezența aerului la temperaturi sub 300° ;

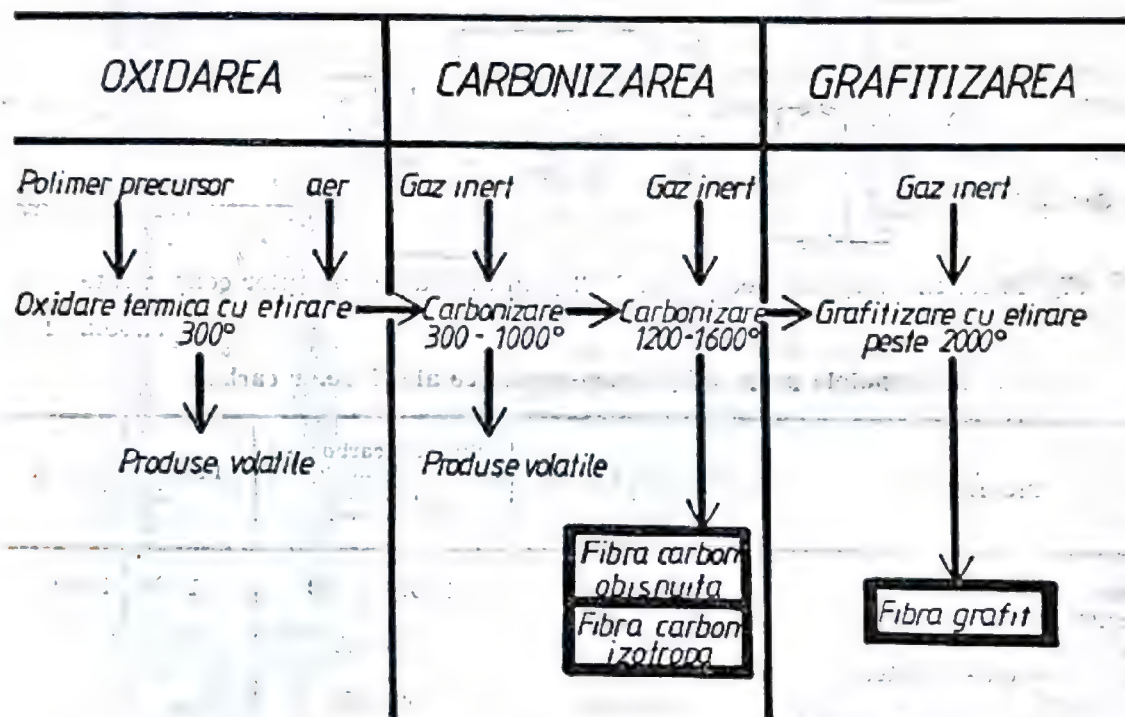


Fig. 13.14. Schemă-flux a procesului de piroliză dirijată.

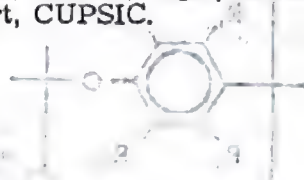
- carbonizarea în gaz inert la $1200 - 1600^\circ$, proces în urma căreia se obțin fibre carbon;

- grafitizarea de scurtă durată a fibrelor carbon în gaz inert la $2500 - 3000^\circ$, proces în urma căruia se obțin fibre grafit.

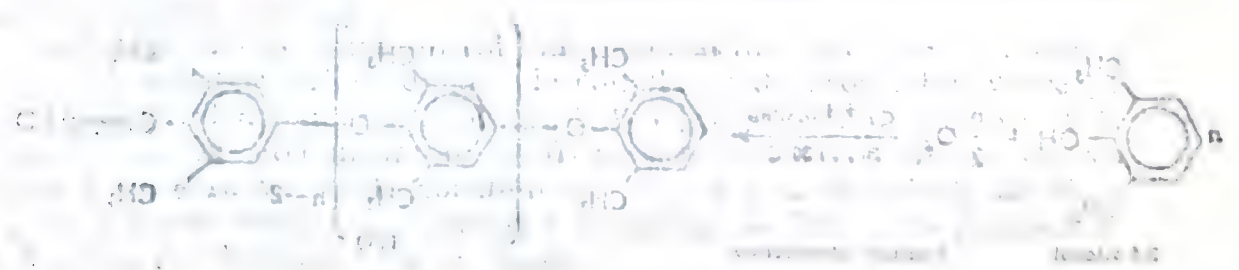
Schema principală a procedeului de piroliză dirijată este prezentată în fig. 13.14.

BIBLIOGRAFIE

1. ARNOLD, R. Neuere Untersuchungen an graphit. In: Z. angew. Phys, H. 9, p. 453—460, 1955.
2. BRANDMAIR, F. Zweckmässige Apparatekonstruktionen aus Kunstkohle und Electrographit und deren Einsatzgebiete. In: Werkstoffe und Korrosion, 17, 1966, p. 10—17.
3. CIALIN, F. E. Tehnologhia uglegrafitovih materialov. Moscova, Metalurghizdat, 1963.
4. KLINOV, IA. I. Korrozia himiceskoi apparaturi i korroziionnostoikie material. Moscova, Editura Maşghiz, 1954.
5. LIGGOT, L. M. Carbon-Baked and Graphitized Products, Manufacture. Encyclopedia of Chemical Technology, vol. 4. Second Edition. Londra, John Wiley Sons Ins, 1964.
6. MAYER, EHRHARD. Mechanical Seals. London, Newnes-Butterworths, 1977.
7. PARISOT, J. Wegiel tworzywo dla przemysłu chemicznego. In: Prezem. chem. 39, 8, p. 485—487, 1960.
8. POLIAKOV, K. A. Nemetalliceskie himiceski stoikii material. Moscova, Editura Maşghiz, 1952.
9. SIPROV, N. ş.a. Recrystallizovannii grafit. Moscova, Maşghiz, 1979.
10. * * * Chemieassern Textilindustrie. Iulie-august, p. 564—566, 1981.
11. * * * Korroziionnaia i himiceskaia stoikosti materialov. Moscova, Maşghiz, 1952.
12. Prospectivele firmelor: Le Carbone-Lorraine, Vicarb, CEPIC, Sigri, Schunk Ebe, VEB Chemiekombinat Bitterfeld, Soiuzpromexport, CUPSIC.



... high temperature stability and resistance to oxidation ...
 ... the polymer is characterized by a high degree of ...
 ... the polymer is characterized by a high degree of ...
 ... the polymer is characterized by a high degree of ...
 ... the polymer is characterized by a high degree of ...
 ... the polymer is characterized by a high degree of ...
 ... the polymer is characterized by a high degree of ...
 ... the polymer is characterized by a high degree of ...
 ... the polymer is characterized by a high degree of ...
 ... the polymer is characterized by a high degree of ...

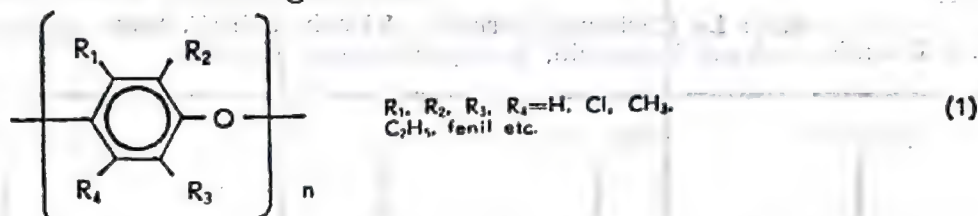


Polifenilenoxidul, un nou polimer pentru industria constructoare de mașini

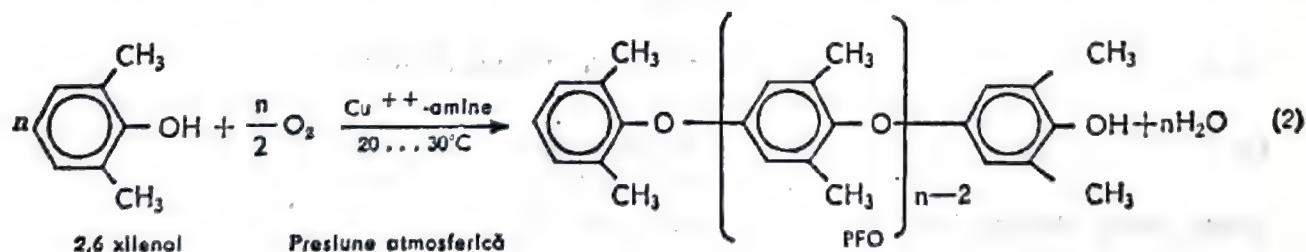
Dr. ing. Mihail Ionescu

Institutul de Cercetări Chimice,
Centrul de Cercetări pentru Materiale Plastice — București

Polifenilenoxizii sau poliarileneterii fac parte din clasa polimerilor aromatici, lanțul lor macromolecular fiind constituit dintr-o succesiune regulată de nuclee benzenice unite între ele printr-o grupă eterică, conform structurii chimice generale:



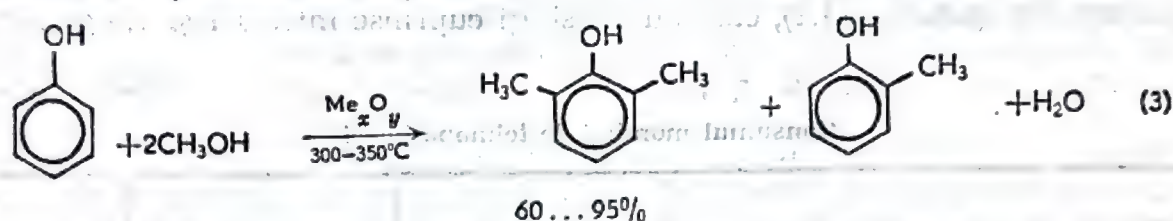
Acești polimeri au o stabilitate termică excelentă, iar rigiditatea lanțurilor polimerice indusă de prezența nucleului aromatic în catena principală conduce la valori ridicate ale temperaturii de tranziție sticloasă (T_g), în jur de $190 \dots 230^\circ\text{C}$, și ale intervalului de topire, caracteristici de o importanță practică deosebită, deoarece conduc la conservarea proprietăților fizico-mecanice la temperaturi ridicate. Cel mai important reprezentant al acestei clase de polimeri este poli (2,6-dimetil-1,4-fenilenoxidul) (PFO), care se obține prin polymerizarea prin cuplare oxidativă a 2,6 dimetilfenolului, în prezența unor complecși catalitici săruri de cupru-amine în condiții extrem de blinde de temperatură ($20 \dots 30^\circ\text{C}$) și presiune atmosferică [1, 3, 10]. Reacția de polymerizare oxidativă a fenolilor (reacția (2)), care este o metodă nouă de sinteză a compușilor macromoleculari, a fost descoperită în 1959—1960 de către A. S. Hay în laboratoarele de cercetare ale firmei General Electric [3].



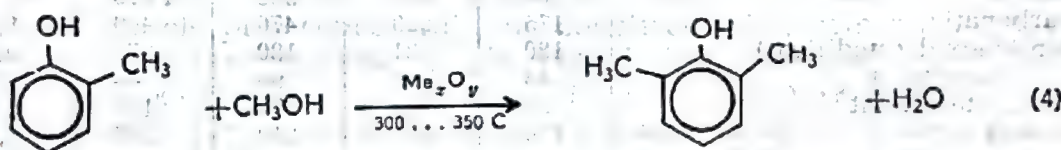
Reacția (2) este o imitare a unor reacții enzimatice de cuplare oxidativă a unor fenoli din natură, care au loc în lumea vie de milioane și milioane de ani și care sînt catalizate de cupru enzime (de ex. tirozinaza, lacaza), complexii catalitici menționați mai sus fiind de fapt modele sintetice ale acestor enzime.

Caracteristicile deosebite, de performanță, ale PFO au făcut ca acesta să fie industrializat extrem de rapid, la numai cîțiva ani de la descoperirea reacției de polimerizare prin cuplare oxidativă.

2,6 dimetil fenolul sau 2,6 xilenolul, monomerul care stă la baza sintezei PFO se obține industrial prin alchilarea orto-selectivă a fenolului cu metanol, în prezența unor catalizatori constituiți din oxizi metalici ca Al_2O_3 [6], Fe_2O_3 [7], Cr_2O_3 [13, 14], V_2O_5 [15], SnO_2 [7], MnO_2 [15] etc. la $300\text{--}350^\circ\text{C}$, conform reacției:



orto-crezolul (principalul produs secundar) se recirculă în proces conform reacției (4):



PFO se fabrică în prezent în instalații cu capacități de zeci de mii de tone/an, în S.U.A., Olanda și Japonia, iar în țările socialiste se produce experimental în R. S. Cehoslovacă, U.R.S.S. și R. P. Polonă.

PFO face parte dintr-un grup aparte de polimeri și anume din grupul polimerilor ingineresti sau tehnopolimerilor, din care mai fac parte policarbonații, poliesterii termoplastici (polietilentereftalatul, polibutilentereftalatul), poliacetalii și poliamidele. Acești polimeri se utilizează în tehnică, în domenii de vîrf ale industriei ca: industria de autoturisme, aeronautică, electrotehnică, electronică, tehnică de calcul etc. [1, 2, 5].

În tabelul 14.1 se prezintă consumul mondial de polifenilenoxid, comparativ cu cel al celorlalți tehnopolimeri, în perioada 1979—1985, și prognoza pentru anul 1987 [5].

Polifenilenoxidul ocupă un rol bine precizat în clasa tehnopolimerilor cu aplicații strict specifice, dictate de complexul de proprietăți unice pe care le posedă. Consumul mondial de PFO la nivelul anului 1985 a fost de 180 000 t, iar la nivelul anului 1987 se estimează un consum de cca 270 000 t/an, care va crește constant, cu o rată anuală ridicată de circa 10%. În prezent 50% din capacitatea mondială de PFO este produsă în S.U.A., 32% în Olanda și 18% în Japonia.

1. Proprietățile generale ale polifenilenoxidului

PFO este un polimer termoplastic de înaltă performanță, care se caracterizează printr-o combinație de proprietăți fizico-mecanice, electrice, rezistență chimică superioare, rar întâlnite simultan la același material. Toate proprietățile PFO sînt o consecință a structurii aromatice a lanțului polimer, a inerției chimice a legăturilor eterice, precum și a rigidității macromoleculelor menționate anterior. PFO se caracterizează prin:

- a) proprietăți fizico-mecanice foarte bune, superioare tuturor polimerilor uzuali de mare tonaj (polistiren, policlorura de vinil, poliolefine etc.);
- b) densitate mică ($d_4^{20} = 1,06 \text{ g/cm}^3$), mai mică decît a tuturor tehnopolimerilor (tabelul 14.1), care au densități cuprinse între 1,1 și 1,4 g/cm^3 ;

Tabelul 14.1

Consumul mondial de tehnopolimeri

Tehnopolimer	1979	1981	1985	1987	$\frac{1985}{1981}$ % an
Poliamide	400	445	560	1 070	6
Policarbonați	175	220	470	400	8,9
Polifenilenoxid (modificat)	120	121	180	270	10,0
Polietilentereftalat	43	56	96	—	15,0
Polibutiltereftalat	30	35	70	140	15,0
Poliacetal	150	155	210	300	8,0

c) suportă tensionări însemnate pe domenii mari de temperatură, fără modificări dimensionale esențiale; prezintă o stabilitate dimensională remarcabilă la temperaturi ridicate;

d) rezistent la oboseală și abraziune;

e) prezintă o rezistență chimică cu totul remarcabilă, superioară majorității polimerilor termoplastici uzuali (inert în soluții apoase de acizi, baze, săruri), alcooli, cetone etc.;

f) posedă un domeniu larg de temperaturi de lucru ($-55^\circ\text{C} \div 175^\circ\text{C}$);

g) rezistent la apă caldă ($90-100^\circ\text{C}$) și abur ($130-135^\circ\text{C}$), ușor sterilizabil; nu este toxic;

h) absorbție foarte mică de apă;

i) prezintă proprietăți electrice remarcabile, practic constante pe un domeniu larg de frecvențe și temperaturi;

j) rezistent la iradiere intensă;

k) rezistent la mușgaiuri;

l) prin însăși structura înalt aromatică, PFO prezintă o rezistență la foc de structură, fiind autostingător fără adaos de ignifuganți;

m) PFO are un coeficient de dilatare liniară mic, caracteristică importantă în cazul turnărilor de precizie;

n) este solubil în hidrocarburi aromatice și clorurate (benzen, toluen, xilen, clorbenzen, o-diclorbenzen, cloroform, tetraclorură de carbon, tricloretilenă etc.) și insolubil în apă și soluții apoase, alcoolii și cetone.

2. Principalele tipuri de polifenilenoxid comercializate pe plan mondial

Polifenilenoxidul homopolimer [cu structura prezentată în reacția (2)], deși are proprietăți de performanță, este mai rar utilizat în practică, datorită dificultăților de prelucrare în topitură (viscozități în topitură foarte mari, de 10 000 ... 30 000 P), utilizându-se numai pentru aplicații cu totul speciale, unde se cer performanțe înalte. Astfel de produse sînt tipurile PPO-C 1001, PPO-531 și PPO-534, produse de firma General Electric.

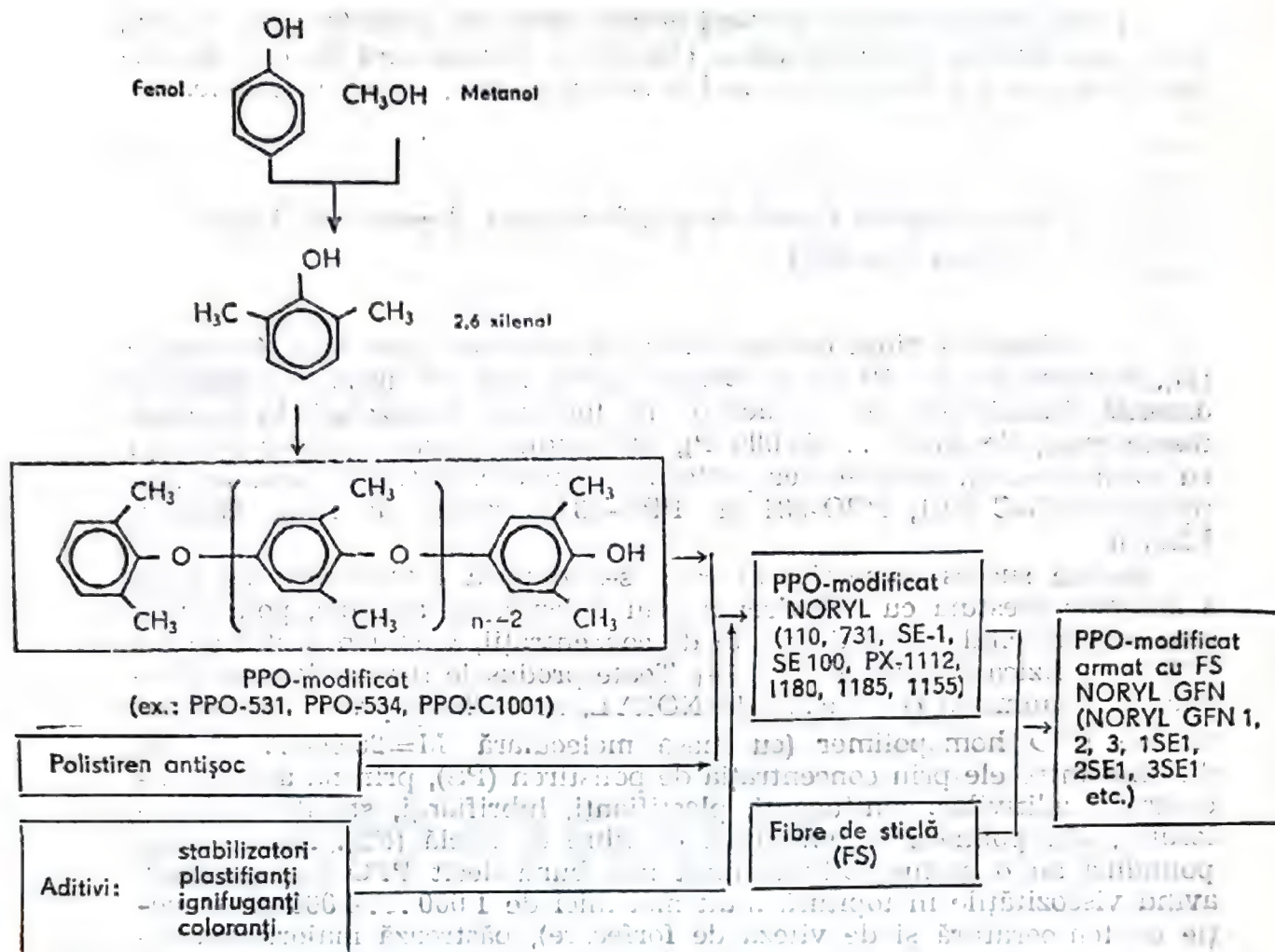
Marele succes comercial al PFO s-a datorat introducerii pe piață a aliajelor acestuia cu polistirenul (sau polistirenul antișoc), polimer cu care este miscibil pe tot domeniul de concentrații, fenomen destul de rar întâlnit în fizica polimerilor [10, 14]. Toate produsele firmei General Electric, cu denumirea comercială de NORYL, au la bază practic un singur tip de PFO homopolimer (cu masa moleculară $\overline{M}=20\,000 \dots 30\,000$), diferind între ele prin concentrația de polistiren (PS), prin natura și concentrația aditivilor: ignifuganți, plastifianți, lubrifianți, stabilizatori, coloranți, alți polimeri și umpluturi ca fibre de sticlă (FS). Aceste compounduri au o prelucrabilitate mult mai bună decît PFO homopolimer, avînd viscozitățile în topitură mult mai mici de 1 000 ... 4 000 cP (funcție de temperatură și de viteza de forfecare), păstrează majoritatea caracteristicilor ridicate ale rășinii de bază (proprietăți mecanice, electrice și rezistența la hidroliză) cu o ușoară reducere a altor proprietăți (efect datorat polistirenului), cum sînt cele termice, pierderea rezistenței la foc etc.

În schema I se prezintă principalele etape intermediare care conduc la cele trei mari grupe de polifenilenoxid comerciali: polifenilenoxizi nemodificați (PFO-homopolimer), polifenilenoxizi modificați cu polistiren (ignifugați și neignifugați), și polifenilenoxizi modificați cu PS armați cu fibre de sticlă (ignifugați și neignifugați).

Condițiile de realizare a acestor compounduri și natura aditivilor utilizați vor fi prezentate la cap. 4, în care se descrie prelucrarea polifenilenoxidului.

Principalele produse de tip "NORYL" se clasifică (pentru sistematizare) în următoarele grupe [8]:

1. Tipuri neignifugate.
2. Tipuri ignifugate.
3. Tipuri armate cu fibră de sticlă neignifugate.
4. Tipuri armate cu fibră de sticlă ignifugate.



Schema 1

5. Tipuri pentru extrudare.

6. Tipuri pentru condiții speciale (TSG).

Tipuri neignifugate

NORYL-731

Tip standard

NORYL-110

NORYL-PX-1112

Tip special pentru ind. de autoturisme

NORYL-PX-1180

NORYL-PX-1185

NORYL-PX-1155

NORYL-N-300

În fig. 14.1 se evidențiază diferențele care există între aceste tipuri în ceea ce privește stabilitatea formei la cald și rezistențele la șoc.

Tipuri ignifugate (SE=self extinguishing — autostingătoare)

Deși rășina de bază PFO este autostingătoare prin însăși structura sa, prezența polistirenului în aliajele de tip NORYL — fac ca acestea să nu mai fie rezistente la foc. Utilizările în domeniul electronicii și electrotehnicii au impus ignifugarea acestor aliaje.

Principalele tipuri de produse NORYL — ignifugate (nearmate) se prezintă mai jos (în paranteză se menționează clasa de ignifugare conform normei UL-94):

NORYL M 190	Tip standard	(UL-94 — VO).
NORYL N 225	"	(UL-94 — VO).
NORYL SE 90	"	(UL-94 — V ₁).
NORYL SE 100	"	(UL-94 — V ₁).
NORYL SE 0	"	(UL-94 — VO).
NORYL SE 1	"	(UL-94 — V ₁).
NORYL VO 150	"	(UL-94 — VO).
NORYL PX 1171	Tip special pt. industria optică	(UL-94 — V ₁).
NORYL PX 1115	Tip special pt. industria electrotehnică	(UL-94 — V ₁).

Diferențele între aceste tipuri privind stabilitatea formei la cald și rezistența la șoc sînt prezentate în fig. 14.2.

TIPURI ARMATE CU FIBRE DE STICLĂ NORYL — GFN — glass reinforced)

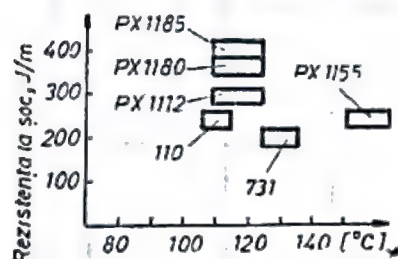


Fig. 14.1. Stabilitatea formei la cald și rezistențele la șoc ale tipurilor de aliaje NORYL neignifugate.

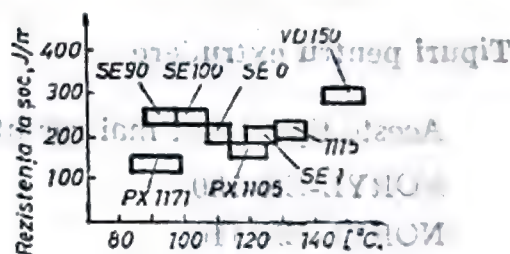


Fig. 14.2. Stabilitatea formei la cald și rezistențele la șoc ale tipurilor de aliaje NORYL ignifugate.

Tipuri armate cu fibre de sticlă neignifugate (standard)

NORYL — GFN-1	(10% FS)
NORYL — GFN-2	(20% FS)
NORYL — GFN-3	(30% FS)

Tipuri armate cu fibre de sticlă ignifugate

NORYL — GFN-1 — SE 1	Tip standard	(UL-94-V ₁)
NORYL — GFN-2 — SE 1	"	(UL-94-V ₁)
NORYL — GFN-3 — SE 1	"	(UL-94-V ₁)
NORYL-PX-1107	Tip special pt. electrotehnică	(UL-94-V ₁)
NORYL-PX-1135	"	(UL-94-V ₁)

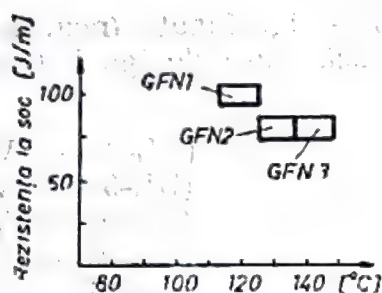


Fig. 14.3. Stabilitatea formei la cald și rezistențele la șoc ale aliajelor tip NORYL armate cu fibre de sticlă.

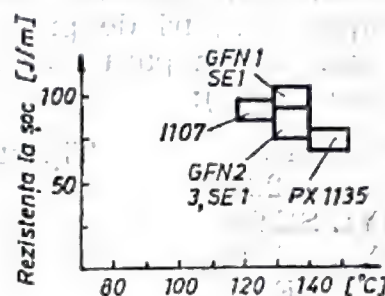


Fig. 14.4. Stabilitatea formei la cald și rezistențele la șoc ale aliajelor tip NORYL armate cu fibre de sticlă și ignifugate.

În fig. 14.3 și 14.4 se prezintă, pentru produsele NORYL armate cu FS, rezistența la șoc și stabilitatea dimensiunilor la temperatură, care este superioară față de produsele nearmate.

Tipuri pentru extrudare

Aceste tipuri sînt mai rar utilizate:

NORYL-EN-130

NORYL-EN-110

NORYL-ENV-125

NORYL-ENV-100

NORYL-ENV-90

Tipuri pentru condiții de lucru speciale (TSG)

NORYL-FN-215

NORYL-FN-5110

Tabelul 14.2

Proprietățile fizico-mecanice ale unor polifenilenoxizi comerciali

Proprietate	Unitate de măsură	Metoda ASTM	PPO natur	NO-RYL 110	NO-RYL 731	NO-RYL PX-1112	NO-RYL SE-1	NO-RYL SE-100	NO-RYL GFN-1	NO-RYL GFN-2	NO-RYL GFN-3
Fizice											
Densitate	g/cm ³	D.792	1,06	1,06	1,06	1,06	1,06	1,10	1,14	1,21	1,27
Absorbție De apă (24 h) 23°C	%	D.570	0,08	0,15	0,14	—	0,21	0,37	0,14	0,14	0,12
100°C	%			0,3	0,3	0,07	0,45	0,55	0,32	0,32	0,30
Mecanice											
Rezistența la tracțiune	kgf/cm ²	D.638	750...770	500	650	560	650	550	800	1 020	1 200
Alungire la rupere	%	D.638	80	60	60	80	60	60	4—6	4—6	4—6
Modul de elasticitate la tracțiune	kgf/cm ²	D.638	26 000	22 500	25 000	24 000	25 000	24 000	40 000	65 000	84 000
Modul de elasticitate la încovoiere	kgf/cm ²	D.790		25 000	25 000	25 000	25 000	25 000	32 000	52 000	77 000
Rezistența la încovoiere	kgf/cm ²	D.790	980...1 050	900	950	900	950	900	1 100	1 350	1 450

3. Proprietățile principale ale polifenilenoxizilor

3.1. Proprietăți fizico-mecanice

În tabelul 2 se prezintă câteva dintre principalele proprietăți fizico-mecanice ale polifenilenoxidului homopolimer, comparativ cu cele ale unor produse de tip NORYL — reprezentative.

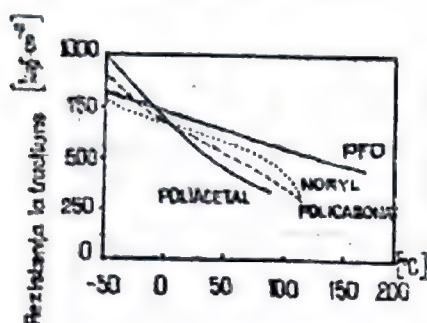


Fig. 14.5. Variația rezistenței la tracțiune a PFO comparativ cu alți polimeri funcție de temperatură.

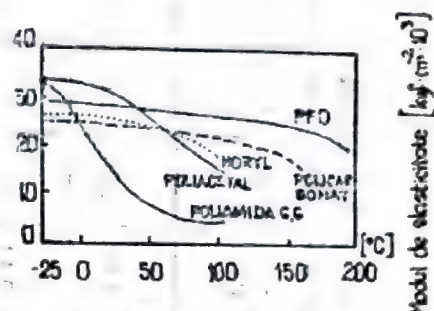


Fig. 14.6. Variația modului de elasticitate la tracțiune a PFO comparativ cu alți polimeri, funcție de temperatură.

PFO se caracterizează prin excelente proprietăți fizico-mecanice care variază foarte puțin cu temperatura, comparativ cu alți tehnopolimeri. Astfel, în fig. 14.5 și 14.6 se pot urmări variațiile rezistenței la tracțiune și modului de elasticitate ale PFO în funcție de temperatură, comparativ cu alți polimeri.

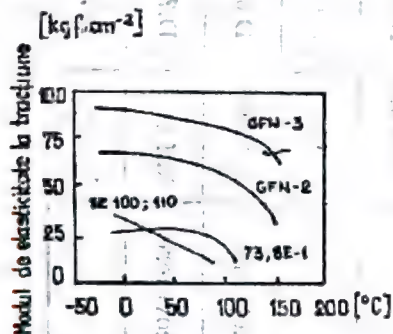


Fig. 14.7. Variația modului de elasticitate la încovoiere a diferitelor aliaje tip NORYL, armate cu FS, funcție de temperatură.

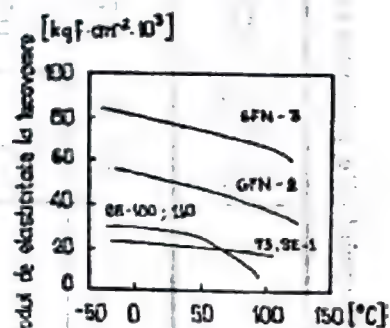


Fig. 14.8. Variația modului de elasticitate la tracțiune a diferitelor tipuri de aliaje NORYL, armate cu FS, funcție de temperatură.

Se remarcă buna conservare a acestor proprietăți peste 100°C, PFO fiind superior din acest punct de vedere tuturor termoplastelor prezentate.

În fig. 14.7 și 14.8 se prezintă variația modului de elasticitate la încovoiere și la tracțiune, în cazul diferitelor tipuri de NORYL, remar-

cindu-se proprietățile superioare ale polifenilenoxizilor armați cu 20...30% fibre de sticlă, care sînt superioare chiar PFO nemodificați.

Prin armare cresc majoritatea proprietăților fizico-mecanice și termice, dar scad alungirea și rezistența la șoc.

În fig. 14.9 se poate vedea, comparativ cu alți polimeri și unele metale pe care polifenilenoxidul le înlocuiește cu succes, faptul că acesta

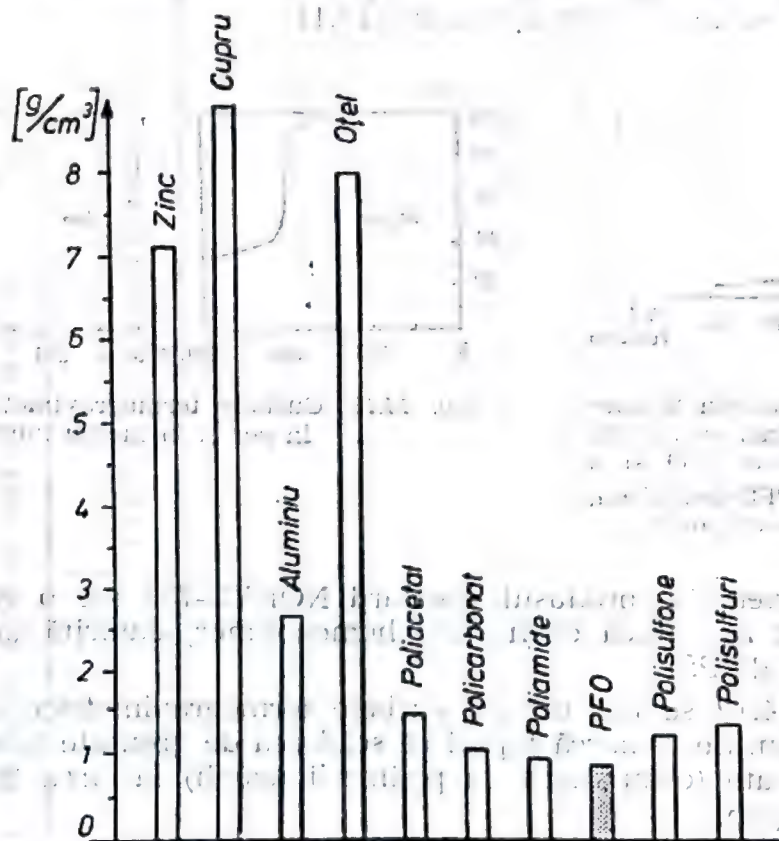


Fig. 14.9. Densitatea PFO comparativ cu alți polimeri și cu unele metale pe care le înlocuiește.

are o densitate foarte mică, fiind un foarte economic substituent al metalelor (mai ales atunci cînd calculul economic este raportat la unitatea de volum).

Din fig. 14.10 reiese că polifenilenoxidul are o absorbție de apă (24 h la 23°C) foarte mică comparativ cu alți polimeri.

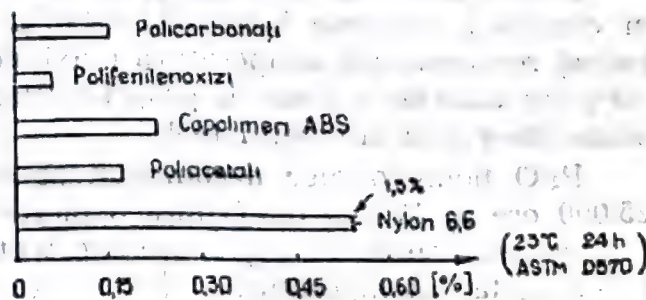


Fig. 14.10. Absorbția de apă a PFO comparativ cu cea a altor tehnopolimeri.

Caracteristici termice

PFO se caracterizează printr-o valoare T_g (temperatura de tranziție a stării sticloase) înaltă, de circa 210°C . Compoundul PFO cu PS, doi polimeri miscibili pe tot domeniul de concentrații, are valoarea T_g între valorile T_g ale PFO (210°C) și ale PS (92°C), funcție de compoziția amestecului după cum se remarcă și în fig. 14.11.

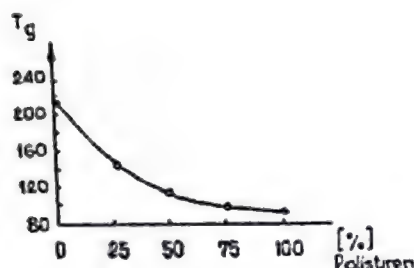


Fig. 14.11. Variația temperaturii de tranziție a stării sticloase (T_g) a PFO și a aliajelor PFO-polistiren, funcție de compoziție.

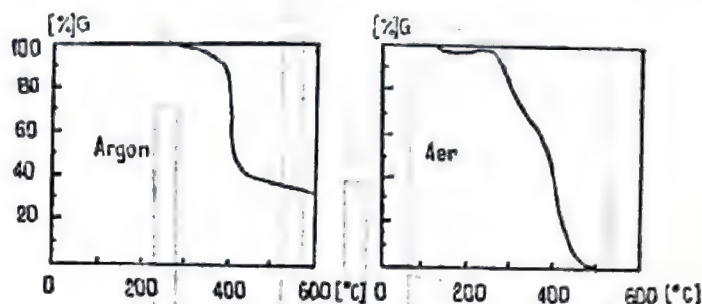


Fig. 14.12. Curbele termogravimetrice ale PFO în aer și în mediu inert.

Ca un exemplu, produsul standard NORYL-731 are o valoare $T_g = 148^\circ\text{C}$ mult mai mică decât PFO homopolimer, datorită unei concentrații ridicate de PS.

În fig. 14.12 se pot urmări curbele termogravimetrice ale PFO în aer și în argon. Se remarcă faptul că scăderea de greutate începe la temperaturi ridicate (comparativ cu polimerii uzuali) la circa 300°C în aer și 400°C în argon.

În tabelul 14.3 se prezintă principalele caracteristici termice ale PFO și a unor aliaje de tip NORYL reprezentative (temperatura de deformare sub sarcină, temperatura de înmuiere Vicat, contracția formei, conductibilitatea termică, coeficientul de conductibilitate termică, liniară).

În fig. 14.13 se prezintă temperatura de deformare sub sarcină înaltă a PFO homopolimer, de circa 190°C , comparativ cu NORYL 731 (148°C) și alți polimeri. Această caracteristică se îmbunătățește prin armare cu fibre de sticlă (v. și tabelul 14.4).

Pentru diferitele sortimente de NORYL se indică temperaturi de lucru în continuu cuprinse între $80 \dots 110^\circ\text{C}$ (conform Underwriters Laboratories) reprezentând temperatura maximă la care un material își conservă 50% din valorile inițiale ale proprietăților după 100 000 de ore, așa cum se poate observa și în tabelul 14.4.

PFO homopolimer necompoundat cu PS poate fi utilizat continuu 25 000 ore la $130 \dots 150^\circ\text{C}$ fără o pierdere apreciabilă a proprietăților, ceea ce reprezintă o comportare excelentă în condiții severe de expunere îndelungată la temperatură.

Tabelul 14.3

Proprietăți termice ale polifenilenoxizilor comerciali

Proprietate	Unitate de măsură	Metoda ASTM	PFO natur	NORYL 110	NORYL 731	NORYL PX 1112	NORYL SE-1	NORYL SE-100	NORYL GFN-1	NORYL GFN-2	NORYL GFN-3
Temperatură de încovoiere sub sarcină (18,5 kgf/cm ²)	°C	D.648	190	110	130	115	125	100	120	132	144
Temperatură de înmuiere Vicat, Metoda A	°C	D.1525	205	125	148	135	142	130	136	148	155
Contractia formei	%	D.1299	0,7...0,9	0,5...0,7	0,5...0,7	0,5...0,7	0,5...0,7	0,5...0,7	0,3...0,5	0,2...0,4	0,1...0,3
Conductibilitate termică	$\frac{\text{kcal}}{\text{m} \cdot \text{h} \cdot ^\circ\text{C}}$	C.177	0,16	0,136	0,186	0,186	0,186	0,136	0,20	0,21	0,24
Coefficient de dilatare termică liniară	$\frac{\text{cm}}{\text{cm} \cdot ^\circ\text{C}}$	D.696	5,2 · 10 ⁻³	6,7 · 10 ⁻⁵	6 · 10 ⁻⁵	6,7 · 10 ⁻⁵	6 · 10 ⁻⁵	6,7 · 10 ⁻⁵	4,5 · 10 ⁻³	3,6 · 10 ⁻³	2,5 · 10 ⁻³

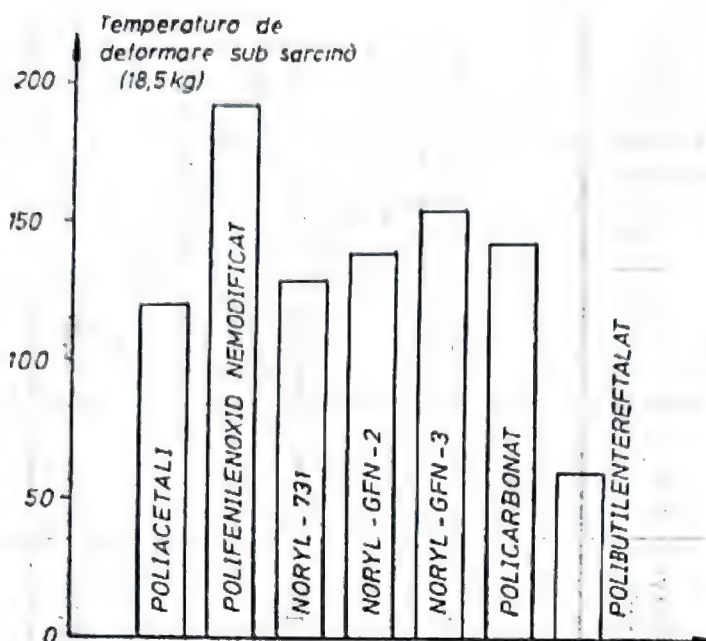


Fig. 14.13. Temperatura de deformare sub sarcină a PFO și a aliajelor tip NORYL comparativ cu cea a altor tehnopolimeri.

Tabelul 14.4

Temperatura de lucru în continuu pentru diferite tipuri comerciale de NORYL (conf. U.L.)

Materialul	Temperatura la care se conservă toate proprietățile, °C	Temperatura la care se conservă toate proprietățile exceptând rezistența la șoc, °C
NORYL-731	90	105
NORYL-SE 1	105	110
NORYL-SE 100	80	95
NORYL-GFN-2	99	—
NORYL-GFN-3	90	—
NORYL-GFN-2-SE 1	105	110
NORYL-GFN-3-SE 1	105	110

Proprietăți de rezistență chimică

Una dintre cele mai importante proprietăți ale PFO este deosebita sa rezistență la hidroliză, explicată prin prezența legăturii eterice, greu hidrolizabile, spre deosebire de polycarbonați, poliacetali, poliamide și poliesteri. Această proprietate prețioasă este reținută și de aliajele PFO cu PS tip NORYL.

PFO este foarte rezistent la sterilizări repetate (100°C) și abur (135°C), după cum reiese din tabelele 14.5 și 14.6 și are pierderi mici în greutate, în general, după o expunere de 7 zile la 25°C la diferite substanțe, demonstrând o bună rezistență la acizi, baze, săruri, detergenți etc. (v. tabelul 14.7).

Tabelul 14.5

Efectul tratării cu apă caldă (100°C) asupra unor proprietăți mecanice ale PFO

Timp expunere, ore	Rezistența la tracțiune, kgf/cm ²	Alungire %	Rezistența la șoc kgf·cm/m
0	670	15	6,96
240	710	14	6,42
720	700	14	5,35
2 160	750	16	5,30
4 320	740	14	5,85
7 200	770	—	5,35

Tabelul 14.6

Efectul tratării în autoclave la abur de 135°C, asupra unor proprietăți mecanice ale produsului NORYL-GFN-3

Nr. de cicluri	Rez. la flexiune kgf/cm ²	Modulul de rezistență la flexiune kgf/cm ²	Rez. la șoc kg·cm/m
0	1 570	73 100	10,3
25	1 175	70 300	8,7
50	1 165	70 300	4,3

Tabelul 14.7

Pierderi în greutate după o expunere de 7 zile la 25°C la diferite substanțe

Substanță	Pierdere în greutate, %	Substanță	Pierdere în greutate, %
Apă	0,10	NaCl 10%	0,15
H ₂ SO ₄ (3%)	0,10	Etanol 100%	0,15
H ₂ SO ₄ (30%)	0,08	Na ₂ CO ₃ 2%	0,34
Acid azotic	0,11	Etanol 50%	0,45
HCl (10%)	0,10	H ₂ O ₂ 3%	0,11
HCl (38%)	0,93	Dicloretilena	Dizolvat
Acid oleic 1%	0,08	Toluen	Dizolvat
NaOH 10%	0,11	n-heptan	0,39
10%	0,04	Detergenți comerciali	Neglijabil

Tabelul 14.8

Proprietățile electrice ale unor polifenilenoxizi comerciali

Proprietate	Unitate de măsură	Metoda ASTM	PFO natur	NORYL 110	NORYL 731	NORYL SE-1	NORYL GFN-1	NORYL GFN-100	NORYL GFN-2	NORYL GFN-3	NORYL GFN-2 SE-1
Rezistivitate de volum, 23°C	ohm·cm	D.257	10 ¹⁷	10 ¹⁷	10 ¹⁷	10 ¹⁷	10 ¹⁷	10 ¹⁷	10 ¹⁷	10 ¹⁷	10 ¹⁷
Rigiditate dielectrică	V/mil	D.149	—	500	550	500	400	420	420	550	600
Constantă dielectrică 60 Hz 10 ⁶ Hz	—	D.150	2,56 2,65	2,65 2,64	2,65 2,64	2,69 2,68	2,69 2,68	2,86 2,85	2,86 2,85	2,93 2,92	2,98 2,95
Factor de pierderi, 23°C (tg δ) 60 Hz 10 ⁶ Hz	—	D.150	0,0004 0,0007	0,0004 0,0009	0,0004 0,0009	0,0007 0,0024	0,0007 0,0024	0,0008 0,00014	0,0008 0,0014	0,0009 0,0015	0,0016 0,0017
Rezistență la arc, electrod de tungsten	sec	D.495	—	75	75	75	75	110	110	120	110

Proprietăți electrice

În tabelul 14.8 se pot urmări principalele proprietăți electrice ale unor tipuri reprezentative de aliaje tip NORYL. Se remarcă excelentele proprietăți electrice ale acestor produse, care variază foarte puțin cu temperatura și frecvența (fig. 14.14), spre deosebire de alți polimeri termoplastici.

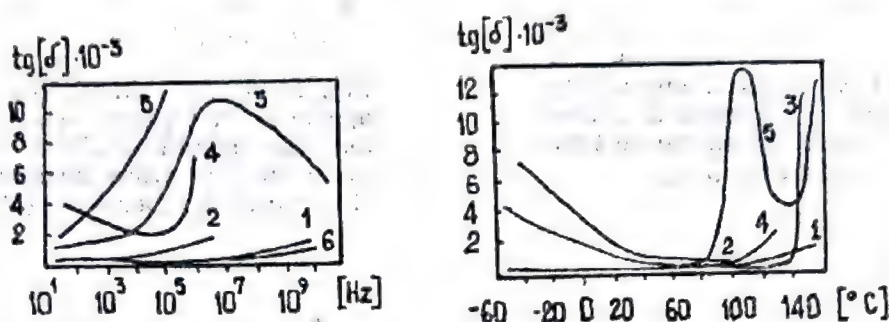


Fig. 14.14. Variația tangentei unghiului de pierderi dielectrice a PFO comparativ cu alți polimeri funcție de temperatură și frecvență:

1 — PFO; 2 — NORYL 110; 3 — NORYL 731; 4 — NORYL SE-1; 5 — NORYL GFN-1; 6 — NORYL GFN-100.

Proprietățile remarcabile, constanța lor cu temperatura și frecvența, rezistența la solicitări termice repetate și la umiditate înaltă, la care se adaugă și proprietățile de autostingere, fac din PFO un material ideal pentru aplicațiile în domeniul electrotehnicii. PFO sînt comparabili sub aspectul proprietăților electrice cu teflonul și fluorlonul.

4. Prelucrarea polifenilenoxizilor

4.1. Proprietăți reologice

Prođuși de tip PFO și Noryl, la fel ca majoritatea polimerilor termoplastici, se comportă, în stare topită, ca lichide ne-Newtoniene. Viscositatea în topitură a produsului PFO este puternic dependentă de temperatură, după cum reiese și din fig. 14.15 ... 14.19, în care se reprezintă valorile viscozităților în topitură funcție de $\frac{1}{T[K]}$ la diferite viteze de forfecare.

Se remarcă faptul că polimerii de tip Noryl prezintă o scădere considerabilă a viscozităților în topitură la viteze de forfecare mari, (existente mai ales la turnarea prin injecție), ceea ce denotă existența unor viscozități mici în condițiile de prelucrare.

Rășinile armate cu fibre de sticlă arată o sensibilitate mai mare decît rășina de bază, la viteze de forfecare mari (fig. 14.19).

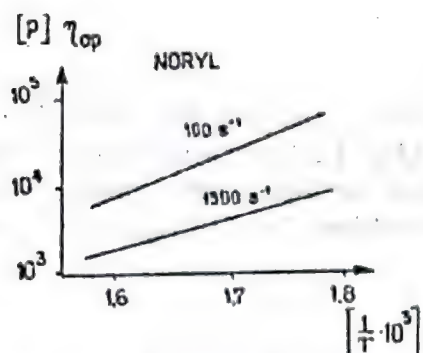


Fig. 14.15. Variația viscozității aparente în topitură a aliajelor tip NORYL funcție de temperatură ($1/T$).

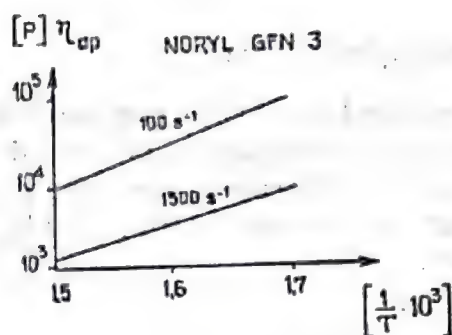


Fig. 14.16. Variația viscozității aparente în topitură a aliajelor tip NORYL-GFN-3 (armate cu 30% fibre de sticlă), funcție de temperatură ($1/T$).

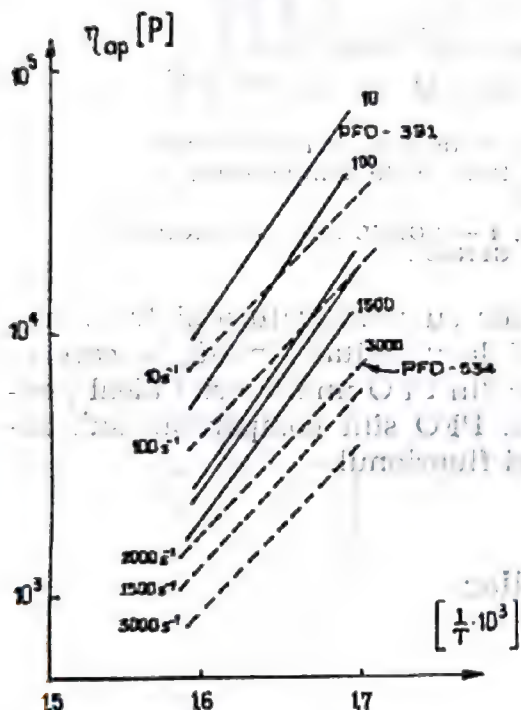


Fig. 14.17. Variația viscozităților aparente în topitură ale PFO funcție de temperatură ($1/T$).

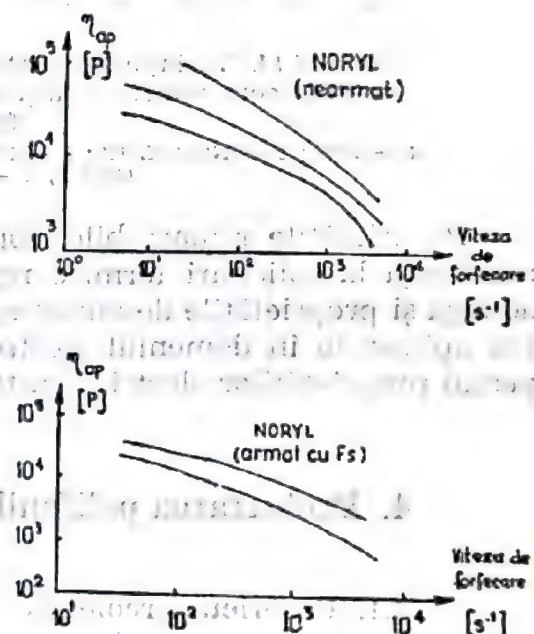


Fig. 14.18. Viscositatea aparentă în topitură a aliajelor tip NORYL funcție de viteza de forfecare.

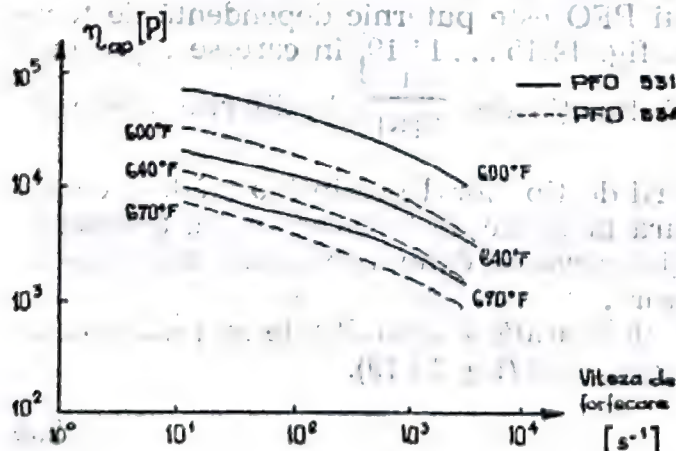


Fig. 14.19. Viscositatea aparentă în topitură a PFO funcție de viteza de forfecare.

Majoritatea produselor de tip Noryl, la viteza de forfecare de $1\,500\text{ cm}^{-1}$ (la 300°C), au viscozități aparente în topitură cuprinse între $1\,000$ și $4\,500\text{ P}$ [12], spre deosebire de PFO nemodificați, la care viscozitățile acestea variază între $10\,000$ și $30\,000\text{ P}$. Toate aceste date sugerează faptul că produșii de tip Noryl se prelucerează mai ușor decât PFO nemodificați de tip PPO.

Prelucrarea polifenilenoxizilor comerciali

Atât produsele de tip PPO, precum și variantele modificate de tip Noryl, pot fi ușor prelucrate prin tehnicile și echipamentele convenționale pentru alte materiale termoplastice „ingineresti” (ca poliamide, copolimeri ABS, poliacetali și policarbonați).

Numeroase lucrări tratează prelucrarea PFO prin injecție și extrudare [3, 12].

Prelucrarea produselor Noryl armate cu fibre de sticlă nu diferă de prelucrarea polimerilor nearmați [3].

Prelucrarea prin injecție

Injecția produselor tip PPO (PFO homopolimer). Coeficientul de dilatare termică mic al PFO permite producerea de piese cu toleranțe dimensionale foarte strânse, deci turnări de precizie. PFO, avînd o afinitate foarte mică față de vaporii de apă, poate fi injectat fără uscare prealabilă, dacă aspectul suprafeței nu este important. Cînd se cere o suprafață cu calități superficiale optime, polimerul sub formă de praf sau granule poate fi uscat la $105 \dots 110^{\circ}\text{C}$ timp de $2 \dots 4$ ore.

Deoarece PFO are o valoare T_g foarte mare ($T_g=210^{\circ}\text{C}$), pentru a obține mase fluide, ușor prelucrabile, sînt necesare temperaturi de $300 \dots 360^{\circ}\text{C}$. La aceste temperaturi, produșii de tip PFO au viscozități cuprinse între $10\,000$ și $50\,000$ Poise [3, 12].

Pentru prelucrarea prin injecție a PFO se preferă mașini de injecție cu șnec [3]. O indicație generală a temperaturilor cilindrului de la zona de alimentare pînă la ajutorul de evacuare este: $300\text{—}340\text{—}350\text{—}350^{\circ}\text{C}$.

Din cauza temperaturii înalte de solidificare, forma trebuie umplută rapid. Cele mai bune rezultate se obțin cu matrița încălzită la $110 \dots 160^{\circ}\text{C}$. Deoarece PFO nu are tendință de aderare la matriță, se poate considera un bun material pentru turnare [3, 12].

În tabelul 14.9 se pot urmări cîteva condiții tipice de turnare a PFO, prin injecție [3].

PFO topit, rămîne complet amorf la răcire, de aceea nu apar complicații, datorate unor cristalizări nedorite, în piesele injectate.

PFO poate fi retopit și injectat de mai multe ori, repetat, turnat prin injecție, fără a-și pierde performanțele sau aspectul, după cum rezultă din tabelul 14.10.

Tabelul 14.9

Turnarea PFO prin injecție

Parametrii operației	Arbore de supapă	Grătar	Supapă
Doza de injecție	144	83	148
Temperatura cilindrului, °C			
— la alimentare	316	304	304
— la centru	321	316	310
— în față	338	321	321
— ajuta	338	327	327
Presiunea de injecție, kgf/cm ²	1 340	1 260	1 400
Temperatura matriței, °C	121	127	127
Raport de compresie	2—3,5	2—3,5	2—3,5
Durata unui ciclu:			
injecția, sec	5	3	10
răcirea, sec	38	10	40

Tabelul 14.10

Proprietățile PFO după retopiri și injectări repetate

Proprietate	Material inițial	Primul ciclu	Al doilea ciclu	Al treilea ciclu
Rezistența la tracțiune, kgf/cm ²	740	745	745	745
Alungire, %	50—100	80	70	70
Modul de elasticitate la tracțiune 10 ⁵ , kgf/cm ²	2,58	2,5	2,5	2,45
Rezistența la încovoiere, kgf/cm ²	10 500	10 000	10 000	10 200
Modul de elasticitate la încovoiere 10 ⁴ , kgf/cm ²	2,58	2,45	2,45	2,45
Rezistența la șoc determinată prin metoda IZOD, kgf-cm/m	8,2	8,2	7,7	7,7

Injecția produselor de tip Noryl [3]. Principala metodă de prelucrare a acestui produs este similară cu cea a PFO, dar mult mai ușoară, datorită viscozităților în topitură mult mai mici (1 000 ... 4 000 P). Din acest motiv, produșii de tip Noryl se pot prelucra atât pe mașini de injecție cu piston cât și pe cele cu șneac.

În cazul acestora din urmă se preferă mașini cu raportul $L/D=20/1$ și un raport de compresie de 2/1 ... 3/1. Granulele polimer de tip Noryl pot fi uscate înainte de injectare timp de 2 ... 4 ore la 105 ... 115° [3].

În tabelul 14.11 se pot urmări câteva condiții tipice de injecție a produșilor de tip Noryl.

Extrudarea polifenilenoxizilor (mai rar utilizată). Din polifenilenoxizii comerciali, atât din cei nemodificați (PFO) cât și din cei modificați cu polistiren (Noryl), s-au obținut cu succes țevi, bare, plăci, profile, folii etc.

Tabelul 14.11

Condiții de injecție a produșilor de tip Noryl

	Mașină de injecție cu piston	Mașină de injecție cu șneș
Temperatura cilindrului, °C		
— alimentare	293	254
— zonă mijlocie	—	277
— zonă din față	—	280
— ajutor	282	—
Temperatura matriței, °C	80	82
Presiune de injecție, kgf/cm ²	1 500	1 400
Turație șneș, rot/min	—	78
Ciclu de injecție, secunde	38	33

Se pot utiliza aceleași extruderi care se folosesc pentru poliamide, sau poliolefine de viscozitate înaltă [3, 12]. Se preferă extrudarea cu raport $L/D=24/1$, la un raport de compresiune de 2,5 ... 3,5.

Temperaturile de extrudare pot fi mai scăzute decât cele de injecție. Se consideră ca domeniu optim de temperatură 280 ... 320°C.

Extrudarea produselor de tip Noryl, datorită viscozităților în topitură mai scăzute, precum și datorită dependenței marcante de viteza de forfecare, se realizează la temperaturi mai mici decât în cazul PFO. Astfel, o repartitie optimă de temperatură în cilindrul extruderului, de la alimentare până la ajutorul de evacuare este: 230—280—280—270—265°C.

Alte tipuri de prelucrare [12]

Polifenilenoxizii pot fi presai și prelucrați mecanic: găuri, freza, strunji, ștanța, tăia etc. Polifenilenoxizii pot fi lipiți cu adezivi convenționali (epoxidici, siliconici, sau poliuretani) sau cu solvenți (clorofom, diclor etilenă, toluen) și pot fi sudați cu ultrasunete. De asemenea PFO pot fi vopsiți sau lăcuiți cu compuși convenționali (rășini alchidice, acrilice, epoxidice și vinilice etc.) sau pot fi metalizați în vid.

O rețetă tipică pentru obținerea unui compound PFO-polistiren [14], care se realizează, de regulă, pe extrudere, cu dublu șneș (deci care asigură și o bună amestecare în topitură), în domeniul de temperaturi 260—320°C, este:

PFO	50 p
Polistiren antișoc	50 p
Polietilenă (de joasă densitate, lubrifiant)	1,5 p
Trifenilfosfat (plastifiant-ignifugant)	3—5 p
Tridecilsulfat	1,0 p
Sulfură de Zn } stabilizatori	1,5 p
Negru de fum (pentru colorare în negru)	0,15 p

Pentru stabilizarea aliajelor PFO-PS se mai utilizează mercaptobenz-tiazol, mercaptobenzimidazol, alconalumine, hexametil fosforamide, esteri fosforoși (fosfiți), esteri borici, fenoli inhibați steric etc. [9, 14].

Alți plastifianți utilizați sînt: difenileter, difenilsulfonă, oligomeri ai PFO, tricrezilfosfat, ftalați [16].

Pentru creșterea rezistenței la șoc și îmbunătățirea prelucrabilității PFO se mai adăunează următorii polimeri: tribloccopolimeri stiren-buta-dien-stiren (SBR), elastomeri etilenă-propilenă (EPDM), poliesteri, poli-amide etc. [10, 15].

5. Aplicațiile polifenilenoxizilor

Complexul de proprietăți ale PFO (prezentat la cap. 4) face ca acesta să-și găsească aplicații specifice în numeroase domenii de vîrf ale industriei, în primul rînd în industria constructoare de mașini.

Structura consumului mondial de polifenilenoxid, pe principalele domenii de utilizare, poate fi urmărită în fig. 14.20.

Produsele NORYL, care au o prelucrabilitate mai ușoară și sînt mai ieftine decît PFO, sînt preferate în aplicațiile în care nu sînt necesare condiții extreme de lucru (de exemplu temperaturi înalte). PFO homopolimer este utilizat mai rar, la aplicații foarte speciale (confecționarea de aparatură care lucrează la frecvențe ultraînalte, obținerea de instrumente chirurgicale) unde este preferat produselor de tip NORYL.

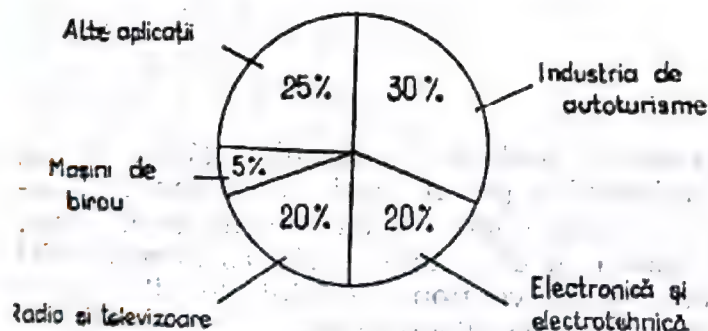


Fig. 14.20. Structura consumului mondial de polifenilenoxid pe principalele domenii de utilizare.

forat următoarelor caracteristici: stabilitate dimensională la cald, rezistență la șoc la temperaturi ridicate și scăzute, suprafață mată, rupere ductilă în caz de accidente.

Principalele aplicații în industria de autoturisme sînt:

- echipamente interioare ale autoturismelor;
- sisteme de încălzire-răcire (apă și aer);
- repere electrice auto;
- elemente exterioare ale caroseriei.

În continuare se prezintă sistematizat, pe domenii de utilizare, principalele aplicații ale PFO modificat, tip NORYL.

Industria de autoturisme

PFO modificat tip Noryl se utilizează de mulți ani în industria de autoturisme, succesul obținut de acest polimer fiind datorat

Echipamente interioare ale autoturismelor. Pătrunderea PFO în industria constructoare de autoturisme s-a datorat realizării primului tablou de comandă din NORYL-PX-1112 la autoturismul Volkswagen Golf. Pentru prima dată s-a aplicat cu succes principiul designerului integrat, ceea ce înseamnă înlocuirea unei construcții din elemente de diferite materiale cu un singur element din materiale plastice, turnat prin injecție. Ulterior s-au dezvoltat noi tipuri, special destinate confecționării tablourilor de bord ale autoturismelor (NORYL-PX-1180, PX-1760, PX-1759 cu stabilitatea formei la cald variind între 105—116°C).

În prezent, numeroase elemente din caroseriile interioare ale autoturismelor și camioanelor sînt fabricate din produse de tip NORYL sub formă de: tablouri de comandă, îmbrăcăminte pentru fotolii și grile pentru aerisire și duze pentru aer (cald și rece), carcase pentru scrumiere etc.

Sisteme de încălzire-răcire. Polimerii de tip NORYL, datorită stabilității dimensionale la cald și rezistenței la hidroliză, rezistenței chimice la mediile de răcire, se utilizează curent în industria de autoturisme pentru sistemele de încălzire-răcire ale acestora.

Astfel, produsele tip NORYL-GFN armate cu 20—30% fibre de sticlă, care își păstrează forma la cald pînă la 135°C, sînt utilizate pentru capacele de radiatoare. Produsul NORYL-PX-1786, armat cu 20% fibre de sticlă și care își păstrează forma la cald pînă la 155°C, este utilizat pentru confecționarea radiatoarelor de automobile. PFO modificat se utilizează la fabricarea rezervoarelor de apă pentru radiatoare și schimbătoare de căldură, vase de dilatare pentru sisteme de răcire, legături și racorduri pentru furtunuri de apă și ventile de încălzire. Aerul, încălzit în schimbătoare de căldură, este condus prin canale de repartitie, duze și grile de evacuare obținute din PFO modificat. În anul 1984 s-a elaborat un nou tip de aliaj PFO poliamidă (NORYL-GTX), utilizat în industria de autoturisme, datorită rezistenței la carburanți și la agenții de ungere. Amestecul PFO-poliamidă are o rezistență la șoc ridicată chiar și la temperaturi scăzute și își păstrează forma la temperaturi ridicate (punctul de înmuiere Vicat al acestui aliaj este 220°C).

Sisteme electrice auto. Sistemele electrice centrale pentru autoturisme și camioane au necesitat materiale care să fie ignifugate, să aibă proprietăți electrice bune și să posede stabilitate dimensională la cald. În prezent produsele de tip NORYL se utilizează pentru carcase electrice, legături de cablu, fașunguri pentru becuri și siguranțe.

Elemente exterioare ale caroseriei autoturismelor. Produsele tip NORYL se utilizează la confecționarea a numeroase elemente exterioare ale autoturismelor ca: grilaje pentru pătrunderea și evacuarea aerului, jaluzele pentru parbriz, diafragme, capace pentru roți, oglinzi exterioare. De asemenea, prin procedeele de extrudare, din PFO modificat negru, mat, se obțin căptușeli pentru jgheaburile de ploaie ale autoturismelor.

Industria electronică, radio, TV, electrotehnică

După industria de autoturisme, industria electronică și electrotehnică este cea mai importantă ramură de consum a PFO modificat, datorită proprietăților electrice excelente, posibilităților de ignifugare fără halogen (cu compuși organofosforici), stabilității dimensionale la cald și posibilității obținerii de forme extrem de complicate, cu pereți subțiri, atât de importante în miniaturizarea elementelor electronice, într-o singură operație, prin turnare prin injecție.

Astfel, produsele tip NORYL-ignifugate (NORYL-SE₁ și NORYL-SE₁₀₀) și cele armate ignifugate (NORYL-GRN-2-SE₁ și NORYL-GFN-3-SE₁) se utilizează pentru: tablouri de comandă, cutii de siguranțe, carcase și diferite elemente funcționale, carcase și flanșe pentru motoare mici, carcase pentru transformatoare, ceasuri pentru timpul de conectare, suporturi pentru relee, circuite și canale pentru tablourile de curent, corpuri de bobine, suporturi pentru condensatori, șasiuri pentru întreg corpul de construcție al televizoarelor.

Tipul NORYL-PX-1171 corespunde normelor drastice pentru peretele posterior al televizoarelor.

Tipul NORYL-PX-1700 este utilizat la izolarea sîrmelor. În industria optică, produsele NORYL-SE-100 se utilizează la confecționarea carcaselor pentru proiectoare, diaproiectoare, care necesită rezistență la foc și o bună stabilitate a formei la cald.

Industria pompelor (mașini de spălat, conducte)

PFO modificat, armat cu fibre de sticlă (de exemplu NORYL-GFN-2, NORYL-GFN-3) a pătruns puternic în acest sector, substituind în proporție de 20...30% materiale metalice ca: alama, aliaje de cupru, fonta cenușie, zincul, aluminiul, oțelurile speciale etc. Utilizările cele mai cunoscute sînt: mașini de spălat rufe și veselă, filtre, rotoare pentru pompele de încălzire centrală, carcase pentru evacuatoarele rapide de aer, carcase și elemente filtrante pentru termostatele corpurilor de încălzire, pompe de adîncime pentru evacuarea apei murdare, pompe pentru mediul marin (carcase și rotoare).

Comportarea deosebită a probelor de tip NORYL la apă caldă a determinat firma britanică Durapipe Ltd să situeze materialul NORYL pe primul loc în ceea ce privește stabilitatea la apă caldă a conductelor de presiune (Durapipe 100). Acest produs a rezistat minim 7 ani în apă fierbinte (100°C) la o presiune de 7 bar [11].

Rezistența deosebită a PFO la coroziune face ca acest material să fie folosit cu succes la transportul lichidelor apoase corozive, detergenților etc., sub formă de: țevi, ventile, corpuri și rotoare, filtre, extinctoare etc. Se înlocuiesc astfel oțelurile înalt aliate, obiectele respective fiind de 1—3 ori mai ieftine [1].

Se utilizează de asemenea PFO modificat pentru construcția de ventilatoare (părți fixe și mobile), uscătoare de păr, instalații de condiționare a aerului, instalații de aer cald, instalații de climatizare etc.

Rezistența la agenți chimici a permis utilizarea PFO modificat (NORYL-PX-507) la confecționarea instalațiilor de purificare a gazelor reziduale corozive (SO_2 , oxizi de azot, CO_2 etc.).

Mașini de scris, computere, mașini de birou

PFO modificat se utilizează de mulți ani la realizarea carcaselor computerelor (obținute pe principiul designului integrat), carcase de forme complicate cu funcțiuni de montaj. Carcasele realizate din produsul NORYL-FN-215 sînt compuse din mai multe elemente turnate prin injecție, avînd mase pînă la 50 kg. Acest material se utilizează și pentru aparate mai mici, ca aparate cu cadran de date (afișaj digital) și cu mecanisme de imprimare.

PFO modificat se utilizează cu succes la fabricarea carcaselor pentru mașinile de scris.

Universalitatea proprietăților va face ca PFO să cucerească de la an la an noi și noi domenii de utilizare. În țara noastră, produsele de tip NORYL se utilizează cu succes pentru fabricarea unor repere pentru autoturisme (Dacia, Olcit, ARO) cum sînt grile pentru aer cald și rece, racorduri pentru apă caldă, capace roți etc., precum și în industria electronică, electrotehnică (conectare, repere TV, radio etc.).

Tehnologia de obținere a PFO a fost studiată la I.C.E.C.H.I.M.—București, urmînd a se realiza în viitor o instalație avînd o capacitate care să asigure necesarul intern.

6. Concluzii

Din cele prezentate, rezultă că polifenilenoxidul, care posedă o paletă de proprietăți fizico-mecanice, electrice și de rezistență chimică superioare, este un tehnopolimer modern, de performanță cu largi posibilități de a fi utilizat cu succes în R. S. România în domenii de vîrf ale industriei și în primul rînd ale industriei constructoare de mașini ca: industria de autoturisme, electrotehnică, electronică, TV, radio, calculatoare, domenii care în țara noastră au luat un avînt fără precedent.

Materiile prime care stau la baza aliajelor de PFO cu polistiren (fenolul, metanolul, polistirenul antișoc) se produc în țara noastră în cantități mari și fabricarea PFO în R. S. România, în viitorul apropiat, va reprezenta un grad de valorificare superioară a acestora.

BIBLIOGRAFIE

1. IONESCU, M. *New development in the field of engineering polymers*. In: Plenary and invited lectures (I), IUPAC-Macro 1983, București, p. 416.
2. HORUN, S. *Aplicațiile materialelor plastice*. București, Editura Tehnică, 1975.
3. HAY, A. S. *Polyphenyleneoxides*. In: Encyclopedia of polymer science and technology, Interscience Publishers, New York, Vol. 10, 1969, p. 92.
4. STOENESCU, F. *Revista de chimie*, 32, 1981, p. 753.
5. * * * *Polifenilenoxidul*. Studiu de conjunctură și marketing, I.C.E.C.H.I.M.-C.C.C.E.S.A.E.M., București, 1985.
6. CHURKIN, I. ș.a. *Himiceskaia promišlenosti*, 9, 1972, p. 660.
7. KATANIGAWA T. ș.a. *Bulletin Chemical Society of Japan*, 44 (7), 1971, p. 1961.
8. VOGTLÄNDER, U. *Plastverarbeiter*, 33, 1982, p. 1088.
9. SLAMA Z. ș.a. *Kunststoffe*, 62 (8), 1972, p. 515.
10. HAY, A. S. *Polymer engineering and science*, 16 (1), 1976, p. 1.
11. BUSSINK, J. *Kunststoffe*, 62 (10), 1972, p. 649.
12. STEINBUCH, R. *Kunststoffe plastics*, 12 (3), 1965, p. 149.
13. Brevet R. P. Polonă, 105922 (Cl. Co7c, 37/16) (1980).
14. Brevete S.U.A.: 4.208.537 (Cl. Co7c, 37/16) (1980); 3.450.670 (Cl. Co8g) (1969); 3.383.435 (Cl. Co8g) (1968).
15. Brevete Japonia: 81.135.437 (Cl. Co7c, 39/06) (1981); 80.76.830 (Cl. Co7c, 39/06) (1980); 1.942.393 (Cl. Co8g) (1970);
16. Brevet Olanda, 6.606.803 (Cl. Co8g) (1967).



TEHNOLOGII INDUSTRIALE DE MARE EFICIENȚĂ ECONOMICĂ

IV

Într-o prestigioasă publicație științifică se afirmă că Franța, în ciuda faptului că are savanți, nu se poate spune că are știință, în accepțiunea contemporană a acestui termen. Aceeași publicație face cu amărăciune constatarea că în anul 1986 fondurile alocate de bugetul statului cercetării științifice sînt reduse la jumătate față de anul anterior, reducere care se va menține și în exercițiul bugetar viitor și că, suspectată de lipsă de productivitate, cercetarea va suporta, pentru prima dată în ultimii patruzeci de ani, o reducere de personal.

Atitudini similare manifestă și guvernul britanic față de cercetarea din cele aproximativ cincizeci de institute de învățămînt superior tehnic; i se reproșează cercetării lipsa de aplicabilitate a rezultatelor în producție și se recomandă colaborarea cu industria.

Semnificativ este și faptul că, în ultimii ani, rezultatele cercetărilor din domeniul semiconducătorilor de pe *Valea Siliciului* californiană sînt valorificate în extremul orient asiatic, de preferință în întreprinderi japoneze, și aceasta nu numai din considerente de ordin fiscal, cît mai ales datorită superiorității tehnologice dovedite de firmele nipone.

De mai multă vreme, în publicațiile de specialitate din Statele Unite se amintește periodic „groapa tehnologică” care separă cercetarea de producție, iar în Franța, o anchetă asupra valorificării brevetelor de invenții înregistrate trăgea de curînd concluzia că doar cinci procente au șansa aplicării în producție și numai cu concursul tehnologic și financiar al întreprinderilor; peste tot, în lume, mortalitatea infantilă a ideilor sau soluțiilor noi rămîne alarmant de mare. Periodic se face aprecierea că omenirea n-a reușit să valorifice decît în mică măsură fondul de cuceriri ale științei și tezaurul de invenții brevetate în ultima sută de ani.

Preocupări în sensul îmbunătățirii nivelului tehnic al produselor, valorificării mai rapide a rezultatelor cercetării și la nivel calitativ superior, sînt prezente în programele și planurile pe termen lung ale tuturor țărilor socialiste. Printr-o altă modalitate de exprimare, la nivelul organismelor de cooperare a țărilor socialiste, ca și în fiecare țară în parte, se recunosc cercetării și sînt planificate măsuri de modernizare a producției și de creștere a competitivității produselor.

Pe lângă angajamentele asumate de țara noastră — prin participarea la programul complex de dezvoltare al țărilor socialiste semnat în anul 1985 la Moscova, potrivit directivelor Congresului al XIII-lea al partidului, Comitetul Politic Executiv al Partidului Comunist Român a stabilit, la finele anului trecut, căile și mijloacele de perfecționare a organizării și modernizării proceselor de producție, în vederea atingerii nivelelor de productivitate și eficiență fixate pentru anul 1990.

Corespunzător practicilor economiei planificate, s-a constituit o comisie centrală — și comisii la nivelul județelor, ministerelor, centralelor și întreprinderilor industriale, însărcinate să coordoneze și să aducă la îndeplinire perfecționarea organizării producției, modernizarea tehnologiilor și a proceselor de producție; pe întreaga economie s-au întocmit peste 1.500 de programe de măsuri.

În perioada ianuarie — aprilie 1986 au fost analizate de tovarășul Nicolae Ceaușescu, secretarul general al partidului, un număr mare de întreprinderi reprezentative și combinate din ramurile de bază ale industriei și s-au întreprins măsuri privind modernizarea tehnologiilor de fabricație, normarea consumurilor, ridicarea calității produselor, creșterea mai accentuată a productivității muncii și sporirea eficienței în întreaga economie națională. Criteriile care au stat la baza organizării analizelor, ca și a conținutului programelor de măsuri întocmite în vederea atingerii obiectivelor, sînt toate de domeniul proiectării investițiilor și al ingineriei tehnologice.

De fapt, toate statele participante la schimburile internaționale, printre care și România, indiferent de modul de producție pe care-l practică, sînt angajate într-o largă și permanentă competiție a eficienței economice, competiție în care valoarea savanților, numărul de brevete de invenție înregistrate sau volumul bugetelor alocate activității de cercetare nu sînt indicatori reprezentativi pentru comensurarea rezultatelor schimburilor internaționale. Totuși, cînd se fac auzite aprecieri critice, ce este drept îngroșate, ca cele provenite din țări cu veche tradiție științifică și dezvoltate economic, țări care candidează sistematic cu succes la atribuirea premiilor Nobel pentru știință și se plasează totodată printre fruntașii furnizorilor de tehnologie avansată, se cuvine să încerci să descifrezi sensul real al mesajului ascuns în asemenea afirmații șocante. În ultima jumătate de secol, în dorința de a forța progresul, unele state au înființat numeroase institute de cercetare, dar figurează în continuare printre țările înapoiate iar participarea lor la schimburile internaționale este nesemnificativă; în același timp, altele, deși nu excelează prin sumele alocate cercetării științifice, nici prin prestigiul savanților lor, ocupă locuri demne de invidiat pentru succesele înregistrate în schimburile internaționale; ba ceva mai mult, ele sînt preferate cînd cercetările, odată terminate, produsele urmează să fie introduse în producția de serie. Dar, să nu ne pripim trăgînd concluzia că savanții, cercetătorii și inventatorii nu ar fi necesari economiei și încă într-o societate evoluată; trebuie doar să constatăm, că, pe drumul de la inovare la producție, mai lipsește ceva, o verigă, pentru ca munca oamenilor de știință să capete valențe economice și acel ceva se numește inginerie tehnologică. Deși expresia de „groapă tehnolo-

gică", folosită de alții, nu place, cel puțin în literatura tehnică românească, faptul nu trebuie să ne răpească curiozitatea de a cunoaște, mai în-deaproape, locul și rolul ingineriei tehnologice în procesul de creare a mijloacelor de producție și a producției industriale. Ceva mai mult, simt nevoia nu numai să pledez în sprijinul promovării ingineriei tehnologice, dar să și încerc să contribui la reabilitarea acestor contribuții anonime și subevaluate, în raport cu alte etape din procesul de promovare a produselor noi spre consacrare. Spun acestea fiind convins că ingineria tehnologică reprezintă cheia de boltă a procesului de asimilare în producție a rezultatelor cercetării, etapa hotărâtoare pentru atingerea eficienței economice stabilită prin directive și programe.

Pentru a întări cele afirmate, mi-aș permite să amintesc contribuția ingineriei tehnologice în promovarea a două dintre produsele cele mai reprezentative ale civilizației contemporane și anume antibioticele și circuitele integrate pe scară largă M.O.S. Biograful lui Fleming (descoperitorul penicilinei) amintește despre prima vizită a marelui om de știință într-o fabrică de antibiotice, la aproximativ douăzeci de ani de la primele lui comunicări asupra ciupercii dătătoare de sănătate. După ce a vizitat instalația complicată și a admirat curățenia care domnea în toată fabrica, a întrebat de ce a durat atât valorificarea în producție a cercetărilor, pe care el le considera încheiate de multă vreme. Inginerii i-au explicat că mostrele de ciuperci de mușgai din care se extrăgea prețioasa pulbere antibiotică, primite de la marele savant, se dezvoltau într-un strat subțire, doar la suprafața gelatinei folosită ca suport, ceea ce făcea producția total ne-economică și produsul foarte scump, fapt inadmisibil în producția industrială. În consecință, au fost obligați să găsească alt mediu de cultură care să permită dezvoltarea miceliului în întreaga masă a gelatinei, ceea ce a permis industrializarea economică a procesului de cultură și separare a penicilinei. Cât privește curățenia desăvârșită, marele om de știință re-marca, cu umor, că dacă în laboratorul lui, din subsolul unui spital, ar fi existat tot atîta curățenie, se îndoiește că astăzi am mai fi avut penicilina. Desigur, lipsa de înclinație practică nu scade cu nimic meritul lui Fleming ca om de știință; mă îndoiesc însă că cineva mai reține astăzi contribuția la fel de prețioasă a inginerilor tehnologi care au imaginat procesul de fabricație și complicatele instalații tehnologice necesare.

Cu peste cincizeci-șaizeci de ani în urmă, prin anii '20, un cercetător stabilea că un cîmp electric de intensitate variabilă, orientat perpendicular pe o bară de siliciu străbătută de un curent, provoacă variații ale curentului în ritmul variațiilor cîmpului electric; constatarea a fost înregistrată ca invenție, invenție completată cu unele precizări în anii '50. Fenomenul constituie în fapt principiul de funcționare al unui semiconductor M.O.S., dar de la principiu pînă la semiconductorul M.O.S. în forma în care și-a cucerit faima, o dată cu perfecționarea circuitelor integrate pe scară largă, a mai trecut o jumătate de secol și aceasta numai pentru că pentru depunerea perfect controlată a unor straturi metalice de grosime atomică. Cu puțin timp înainte însă se nașteau și se perfecționau, cu o vi-

teză remarcabilă, tuburile electronice cu vid în care, în principiu, fluxul de electroni emis de catod se modifică tot printr-un câmp electric. Tubul electronic a beneficiat la acea dată de o tehnică a vidului pusă la punct pentru lămpile electrice de iluminat cu incandescență, de punerea în evidență a efectului Edison, de o serie întreagă de materiale ca și de tehnica trecerii conductorilor metalici prin sticlă. Își mai amintește cineva de tehnologii anonimi care au pus la punct utilajele și tehnologiile producerii tuburilor electronice sau a semiconductorilor M.O.S.? Posteritatea păstrează cu pioșenie amintirea unor savanți sau inventatori, care au fără îndoială multe merite, dar aceeași posteritate trece cu discreție peste contribuția tehnologilor, poate și pentru faptul că reușita acestora este considerată secret de fabricație, păzit cu strășnicie de întreprinderi.

Proiectarea și ingineria tehnologică românească au de acum un trecut; li s-a acordat încredere și li s-au creat condiții stimulatoare și trebuie să constatăm că în anii construcției socialismului s-au înregistrat progrese însemnate. Contribuția la dezvoltarea economiei naționale a proiectării și ingineriei tehnologice românești ne apare astăzi destul de clar, cu părțile ei luminoase, dar și cu umbrele pe care unele obiective de investiții le proiectează asupra economiei naționale. Obținem, totuși, o imagine mai reală a contribuției proiectării și ingineriei tehnologice la dezvoltarea economiei naționale dacă amintim că, pentru obiectivele de investiții proiectate de institute, s-a alocat, timp de câteva decenii, aproximativ o treime din venitul național, obiective de investiții pentru care s-au întocmit recent programe de măsuri pentru modernizarea tehnologiilor de fabricație, ridicarea calității produselor, creșterea mai accentuată a productivității muncii și sporirea eficienței economice.

Dacă indicatorii de calitate și eficiență urmează să fie asigurați prin aceste programe, ești tentat să-ți pui întrebarea ce conțin și ce indicatori își propun să asigure, potrivit legii, documentațiile tehnico-economice și, mai ales, proiectele.

1. Proiectarea utilajelor și folosirea rațională a metalului

Nu ne propunem să disecăm acum conținutul tehnologic al documentațiilor tehnico-economice ale obiectivelor de investiții dar, în cele ce urmează, pornim de la necesitatea ca ingineria tehnologică să-și îndeplinească permanent rolul conducător în realizarea unor obiective industriale cu înalte performanțe de eficiență și competitivitate. Pentru atingerea acestui țel, este necesară o creștere substanțială a încărcăturii tehnice și tehnologice a notelor de comandă și a proiectelor de execuție, o deplasare a centrului de greutate al activității institutelor de la proiectarea construcțiilor la proiectarea utilajelor și liniilor tehnologice necesare producției. Sînt ramuri industriale, ca de exemplu metalurgia, chimia și altele, în care

utilajele și instalațiile tehnologice de proiect constituie baza mijloacelor de producție. Anual și de mulți ani, procesul de industrializare a necesitat execuția a sute de mii de tone de utilaje de proiect, executate fără fazele tipice asimilării mașinilor de serie (model experimental, prototip, serie zero, omologare serie zero și punere în fabricație), executate în întreprinderi numeroase și livrate șantierelor, depășindu-se termenele din graficele de livrare. Nu mai amintesc contribuția unora sau altora la întârzierile provocate termenelor de punere în funcțiune; doresc doar să revin apreciind gradul ridicat de profesionalism pe care trebuie să-l dețină inginerii tehnologi și proiectanții de asemenea utilaje, răspunderea ce le revine pentru atingerea parametrilor și poziția cheie pe care o dețin în economie. Socotesc că este de datoria conducerilor de institute să aprecieze corect contribuția tehnologilor și să evite concurențe neloiale care s-ar putea ivi din tendințe de nivelare a veniturilor.

Proiectarea mașinilor și utilajelor ridică problema folosirii raționale a metalului și a supradimensionărilor, greu de sesizat în fazele de avizare și execuție, dar care devin mai evidente în timpul exploatării. Practica cea mai indicată de a economisi metal constă în folosirea oțelurilor cu carbonul controlat îmbunătățite, în locul oțelurilor aliate, consumatoare de elemente de aliere costisitoare. Într-o tentativă de a reduce consumul de oțeluri aliate, se analiza confecționarea unor piese de laminor din oțel carbon călitate. Ingerii proiectanți de asemenea utilaje afirmă că soluția era teoretic posibilă, dar executantul nu garanta călirea unor piese de dimensiuni mari și atunci, pentru siguranță, se apela la un oțel aliat mai scump; ulterior am avut ocazia să constat și singur că, în unele întreprinderi, călirea pieselor mari este defectuoasă, datorită conducerii necorespunzătoare a procesului. Consumuri sporite de metal sînt cauzate și de supradimensionarea unor mașini și utilaje electrice, datorită proprietăților necorespunzătoare ale tablei silicioase. Paradoxal, frecvența scăzută a tensiunii electrice în sistemul național din iarna 1985—1986 a sancționat proiectarea corectă a motoarelor și transformatoarelor pentru 50 Hz prin arderea înfășurărilor; mașinile electrice cu circuitul magnetic supradimensionat au rezistat la scăderea frecvenței. Dar, constatarea semnalată mai sus nu este un îndemn adresat proiectanților de mașini și utilaje la risipa de materiale, ci doar o evidențiere a legăturii care există între calitatea și stabilitatea performanțelor materialelor și economicitatea proiectării mașinilor și utilajelor.

2. Ingineria calității

O componentă importantă a ingineriei tehnologice o constituie asigurarea calității mașinilor și utilajelor; calitatea și fiabilitatea mașinilor și utilajelor constituie problema cheie în ramura construcțiilor de mașini, principala condiție a îndeplinirii planului de export și a realizării planului de investiții. Trebuie să o spunem deschis: calitatea, ca problemă a ma-

jorității documentațiilor tehnico-economice de promovare a investițiilor, se reduce la o listă de aparate de măsură destinate dotării unor laboratoare uzinale, listă adesea repetată la mai toate întreprinderile dintr-o nejustificată intenție de tipizare a dotării. Nu-mi amintesc să fi participat la vreo analiză a vreunei documentații tehnico-economice în care să se fi pus în discuție nivelul de calitate al produselor viitoarei întreprinderi, pînă la apariția în peisajul industrial a energiei nucleare. Și tot cu această ocazie a devenit evident că asigurarea calității trebuie să înceapă cu definirea rolului și atribuțiilor tuturor organelor începînd cu proiectarea, continuînd cu producția, recepția, montajul, exploatarea și service-ul ca mijloc de menținere a calității. Inginerul tehnolog trebuie totuși să știe că asigurarea calității, pe timpul de viață normal al produsului, are un cost; în cazul utilajelor destinate energiei nucleare costul calității este foarte mare (pînă la 30% din prețul de cost al utilajului, numai în procesul de fabricație). Încă din concepție, proiectantul trebuie să comensureze calitatea, păstrînd o relație corectă între preț și performanță, conștient fiind că nivelul calității poate deveni, într-un caz, o principală resursă financiară, sau, în caz contrar, o îngrijorătoare sursă de deficit.

Inginerii tehnologi trebuie să devină mai conștienți că siguranța în funcționare și securitatea instalațiilor, ca și a personalului, intră în atribuțiile lor profesionale, că energia nucleară, aeronautica și industria chimică, așază pe umerii lor răspunderi mult mai mari ca înainte. Cu apariția acestor industrii, conceptul de calitate a devenit o componentă de mare răspundere în activitatea ingineriei tehnologice. Acestea sînt și motivele pentru care peste tot, în lume și la noi, pe lîngă organele cunoscute de control al calității, au apărut organe cu reglementări aparte, care pretind documente, metode și mijloace tehnice de asigurare a calității, concepute după criterii și nivele de exigență cu mult superioare celor cunoscute pînă nu demult. Și firește, aceste nivele de exigență se reflectă și în dotarea, pe toate fazele, cu cele mai adecvate mijloace și metode de măsurare. Dacă sînt programe de creștere a calității și competitivității proceselor, este obligatoriu ca documentația tehnico-economică a obiectivelor industriale să prevadă dotarea cu cele mai adecvate mijloace de măsurare, pe fluxul de fabricație și a performanțelor finale; în prezent, asigurării calității și procesului de măsurare a parametrilor nu li se atribuie totdeauna rolul și importanța ce li se cuvine.

3. Instalații tehnologice

Într-o discuție recentă cu un recunoscut specialist, asupra instalațiilor întreprinderilor industriale, deși aș fi dorit să extind aria de interes și asupra altor instalații decît cele aferente clădirilor, interlocutorul meu mi-a explicat că acestea nu intră în preocuparea instalatoriștilor și că și învățămîntul de specialitate se limitează tot la instalațiile de alimentare cu apă și evacuarea apelor uzate, la alimentarea cu gaze și energie elec-

trică, la încălzitul clădirilor și cam la atât. Pe mine mă interesa însă alt gen de instalații și anume cele aferente tehnologiilor din construcția de mașini, chimic, industria alimentară; și dacă ne gândim la structura din ce în ce mai complexă a întreprinderilor, instalațiile sporesc mereu ca diversitate și ca număr. În institutele de proiectări s-au format nuclee de tehnologi și specialiști ai noilor instalații, angajați într-o permanentă primenire a cunoștințelor.

Un gen de instalații și amenajări cu care inginerii tehnologi sînt confrunțați mai frecvent în ramura construcțiilor de mașini se referă la perfecționarea descărcării, debitării, transportului și depozitării materialelor și subansamblelor în procesul de producție.

Deși adept al unui tailorism oarecum depășit, Maynard, în manualul său Ingineria industrială (o lucrare de referință pentru organizarea producției), apreciază corect că, 90% din timp, materialele se găsesc într-una din ipostazele amintite mai sus și numai 10% din timp ele sînt supuse procesului muncii, apreciere, îndrăznesc să afirm, de importanță majoră pentru proiectanții de tehnologii și plină de consecințe economice după punerea obiectivelor în funcțiune. Spații în plus de depozitare, mîină de lucru suplimentară, stocuri supranormative de materiale, toate afectează fondul de salarii și mijloacele circulante, indicatori care condiționează eficiența economică a întreprinderii. Trebuie să recunoaștem că transporturile interne și depozitarea materialelor și subansamblelor au fost rezolvate în trecut cu soluții simple și păgubitoare pentru unele întreprinderi; și aici proiectanții și inginerii tehnologi au multe de făcut și de refăcut, în special în ramura construcțiilor de mașini, mai ales în acele întreprinderi care manipulează un număr mare de repere și scule.

La începuturile industrializării, în Anglia secolului trecut, dar și în alte țări industrializate, oamenii de cultură ai timpului, mai ales scriitorii, zugrăveau tablouri deosebit de întunecate ale întreprinderilor industriale, chiar dacă nu erau militanți ai mișcărilor muncitorești sau sindicale și poate tocmai de aceea, cu un acces la pături mai largi și mai diverse ale societății. În România socialistă nu se mai vorbește despre așa ceva și încă de multă vreme, dar în asigurarea spațiilor curate și a purității unora dintre substanțele folosite se ridică în permanentă stacheta exigenței. Astăzi se vorbește despre conținut de impurități al unor compuși de ordinul unei părți pe miliard; curent se folosesc în industria chimică și în industria componentelor electronice substanțe cu grad de puritate de o parte pe milion (1 ppm) și chiar mai puțin. Amintesc că, în urmă cu cîțiva ani, industria chimică a asimilat substanțe necesare fabricării componentelor electronice, la nivelul de puritate amintit, puritate constatată la furnizor, dar neconfirmată de beneficiar. Pînă în cele din urmă s-a constatat că, substanțele se impurificaseră imbuteliate fiind în flacoane de sticlă obișnuită, datorită unor particule subatomice libere din structura sticlei care migrau în conținut.

Dar nu numai puritatea substanțelor sau fluidelor tehnologice folosite trebuie să depășească standarde de ordinul amintit; chiar atmosfera din unele spații industriale trebuie asigurată la grade din ce în ce mai înalte de puritate și la niveluri de climatizare din ce în ce mai riguros

controlate (temperatură și umiditate). Astfel de spații industriale cresc permanent în volum și se răspîndesc la o varietate în continuă creștere de aplicații. Industria componentelor electronice a fost prima care a solicitat grade de puritate de ordinul amintit, climă controlată și acuratețe sporită; a urmat informatica, aparatura de măsură, metrologia dar și prelucrarea de precizie a metalelor și chiar metalurgia. De la nișe, apoi la camere climatice și pînă la hale întregi, anual se climatizează și se desprăfuiesc mii de metri pătrați de construcții, altfel decît prin clasică ventilare a spațiilor și evacuare a noxelor. Industria aeronautică și energia nucleară au adăugat condiții noi, exigențe sporite, fiind în joc securitatea personalului și a instalațiilor.

Înmulțirea surselor de perturbații electromagnetice, concomitent cu creșterea sensibilității unor instalații de automatizare și a unor aparate electrice și electronice, ridică proiectanților și inginerilor tehnologi probleme complicate cu privire la protecția împotriva radiațiilor electromagnetice. Amintim ce probleme ridică antiparazitarea radioreceptoarelor, împotriva perturbațiilor produse de aprinderea motoarelor cu explozie, pînă la îmbrăcarea fișelor distribuitorului de scînteie în masă plastică șarjată cu praf de ferită. Aprinderea prin scînteie constituie numai una din sursele de perturbații, poate cea mai cunoscută, dar nu cea mai nocivă. Linii de transport și distribuția energiei electrice, trasee de cabluri care alimentează consumatori importanți, posturi de radioemisie, generatoare industriale de radiofrecvență, dispozitive electrice deformante, instalații de sudură electrică etc., toate provoacă perturbații electromagnetice. Au fost cazuri cînd, inocente jocuri electronice au perturbat telecomenzile unor aeronave în zbor, cu urmări dramatice. Împotriva perturbațiilor, anumite instalații de automatizare, comenzi electrice și electronice, aparate electronice și de măsură, trebuie protejate. Uneori sînt suficiente cabine ecranate, alteori sînt necesare încăperi întregi și chiar instalații complicate. În ce-i privește pe inginerii tehnologi, sarcina lor este de a înlătura comenzile electrice false și de a asigura funcționarea normală a aparaturii electronice și acuratețea măsurărilor de precizie.

Am semnalat doar cîteva din multitudinea tipurilor de instalații și amenajări necesitate de o industrie aflată într-un permanent proces de modernizare; fiecare nouă apariție pune la încercare priceperea tehnologilor și proiectanților. Nivelul instalațiilor tehnologice de acest gen oglindește cel mai fidel capacitatea de adaptare a întreprinderilor la exigențele competitivității.

4. Electronizarea, robotizarea și automatizarea complexă

Cum constatăm la începutul expunerii, România și-a asumat răspunderi pe linia înlăturării unor sarcini în cadrul programului complex semnat la Moscova în anul 1985, program în care electronizarea, robotizarea și automatizarea complexă ocupă locul central, ele constituind

primele purtătoare ale progresului tehnic. Formularea programului pare, în redactarea dată publicității, izvorâtă din intenția de a despărți în părți componente o activitate care, prin natura tehnologiilor folosite, se prezintă ca un tot. Explicația ar putea fi că, organizatoric, existînd unități de cercetare și producție separate, se dorește să se exprime fără echivoc că toate acestea sînt angajate cu răspundere în desfășurarea programului.

Aș dori să remarc însă că, în elaborarea unor astfel de proiecte complexe sînt necesare, nu numai calculatoare electronice, aparate de măsură, roboți sau instalații de automatizare, dar mai ales și nu în ultimul rînd, perfectă cunoaștere a procesului de automatizat de către inginerii tehnologi, cei care, prin natura pregătirii, sînt destinați să conducă proiectele de automatizare complexă. Tehnologii puși în postura de a conduce asemenea proiecte, trebuie să cunoască nu numai desfășurarea procesului tehnologic, dar și posibilitățile ce li se pot oferi din partea calculatoarelor, roboților și instalațiilor de automatizare. Automatizarea complexă constituie o contribuție a ingineriei tehnologice de înaltă calificare și de cea mai mare răspundere pentru atingerea parametrilor economici planificați ai viitoarei întreprinderi.

Deși personal sînt convins că numai astfel trebuie acționat la proiectarea obiectivelor industriale automatizate, robotizate și automatizare, am putut constata și trebuie să o recunosc, că părerile sînt împărțite. Unii specialiști ar dori să cunoască despre procesul tehnologic cît mai puțin și să reducă, pe cît este posibil, colaborarea cu alții la minimum. Alții pledează pentru o specializare foarte strictă: electroniștii să facă numai electronică, mecanicii numai mecanică; dacă mecanicii au nevoie de un subansamblu electronic, ei să se adreseze unui institut de specialitate. Părerile rămîn împărțite și asupra implementării cercetării și producției de roboți. Constructorii de mașini consideră roboții niște mașini și văd necesitatea organizării cercetării și producției în sectorul mecanic; automatiștii revendică pentru ei această activitate, considerînd că experiența acumulată în elaborarea schemelor electronice le conferă autoritate în materie. Dar tehnologii? Ce părere au și ce fac inginerii tehnologi, din întreprinderi în primul rînd, și apoi cei din proiectarea de investiții? Majoritatea dintre ei așteaptă ca industria de profil — care va fi, să le pună la dispoziție roboții și vor vedea ei atunci cum urmează să-i adapteze unui sistem de producție existent care, mai mult ca sigur, nu este adaptat să primească, fără modificări esențiale, — roboți industriali. Părerile sînt împărțite și cît privește tipurile de roboți ce ar urma să fie elaborați. Sub influența articolelor scrise cu competență despre inteligența artificială și a performanțelor în continuă creștere a calculatoarelor electronice, unii se duc cu gîndul la roboți complicați, pentru realizarea cărora uită că nu sînt asigurate componente, subansamble și chiar experiență în industrie; uită că, peste tot în lume, în proporție de 85—90%, așa-numiții roboți sînt, în fapt, manipulatori ceva mai evoluți. Sînt totuși și întreprinderi în care tehnologii nu așteaptă apariția roboților; sub presiunea indicatorilor economici în continuă îmbunătățire, ei își execută singuri manipulatorii de care întreprinderea are nevoie, la început mai simpli, apoi mai numeroși și mai performanți. Gîndesc și ei că

vom ajunge, fără îndoială, la o tipizare a soluțiilor, la o profilare și specializare a producției dar, pînă atunci, experiența care se naște din nevoile tehnologice reale, ale întreprinderilor, poate folosi în viitor, cînd se va trece la formularea unei concepții unitare, concepție la promovarea căreia, indiferent unde se localizează cercetarea și producția, inginerii tehnologi din institute și din producție trebuie să participe.

Se pune întrebarea unde există acei tehnologi competenți și ce cunosc ei despre roboți. Nu sînt sigur dar am impresia că sînt destul de puțini, anonimi și răspîndiți în întreaga economie, motiv pentru care preocuparea pentru implementarea roboților în economie trebuie să înceapă de departe, cu publicații de toate nivelurile, începînd cu cele destinate organelor de conducere din întreprinderi, tehnologilor din exploatare, cercetătorilor și inginerilor tehnologi din proiectare; nu sînt de neglijat nici organele tehnice și financiare avizatoare din ministere și alte organe și bineînțeles, organele cu putere de decizie în promovarea investițiilor. Și încă ceva: trebuie scris și vorbit cu precauție despre această nouă tehnologie; nu trebuie avansate promisiuni fără acoperire, trebuie pusă surdina interviurilor și declarațiilor zgomotoase care uneori apar în presă.

Cît privește întrebarea dacă electronica sau informatica trebuie concentrate în institute specializate sau diseminate în toate ramurile industriei, viața a dovedit că electronizarea și informatizarea producției, ca și a întregii economii, nu se poate înfăptui decît de formațiuni, oricît de mărunte, dar cît mai apropiate administrativ și geografic de tehnologiile pe care sînt destinate să le sprijine.

Forma cea mai evoluată, cunoscută nouă, de electronizare și automatizare complexă o constituie conducerea și optimizarea procesului în centralele nucleare-electrice. Amintesc acest exemplu pentru că, mult mai complexă decît alte automatizări, ea odată însușită, poate fi parțial extinsă cu succes și la tehnologii din alte ramuri. În plus, măsurile de fiabilizare a sistemului, din motive de securitate, prin dublarea și chiar triplarea unităților de calcul care conduc procesul, pot servi drept model de măsură prin care se asigură fiabilizarea oricărui sistem, alcătuit din elemente sau subansamble de fiabilitate mai scăzută, sau chiar din componente mai puțin fiabile. Tehnologii și proiectanții din toate domeniile ar trebui să cunoască și după caz, la nevoie, să aplice astfel de soluții.

În ultima vreme, colective de informaticieni din institutele de cercetare și din instituții centrale sînt angajate într-un efort conjugat de elaborare a unor programe destinate cercetării științifice asistată de calculator, inițiativă cu atît mai lăudabilă cu cît programul ține seama de specificul și de nevoile diverse ale institutelor. Sînt și institute de proiectări care folosesc această tehnică în procesul de elaborare a proiectelor și devizelor. Ceva mai mult, unele institute de cercetare și proiectare au trecut la întocmirea sub o formă nouă a proiectelor, cu ajutorul calculatorului electronic, formă care permite transmiterea documentației la fabricant pe suport magnetic; acestuia nu-i rămîne decît să transmită banda magnetică secțiilor de producție, echipate cu instalații de debitare, sudare,

prelucrare prin aşchiere sau vopsitorie, comandate toate prin calculator. Cît priveşte schemele de instalaţii, acestea sînt reproduse la fabricant pe ploter, desenate în perspectivă pentru a uşura urmărirea traseelor, împreună cu listele de materiale necesare. La această tehnică, expusă în câteva fraze, trebuie să mai adaug că proiectanţii şi inginerii tehnologi primesc şi ei documentaţia tehnică primară sub aceeaşi formă de la cercetători; documentaţia întocmită astfel cu ajutorul calculatorului electronic, parcurge toate fazele, de la cercetare la proiectare şi ingineria tehnologică şi de aici la producţie. Aş mai completa că şi măsurarea performanţelor şi probele finale se execută şi se înregistrează cu aceeaşi tehnică. Cu asemenea finalitate în producţie are mai mult sens folosirea calculatorului în cercetare. Procedul este folosit în cercetarea, proiectarea şi execuţia de nave, dar el poate fi adaptat şi la alte familii de utilaje şi instalaţii. Încheiem aici cu exemplele de participare a tehnologilor şi proiectanţilor la promovarea automatizărilor complexe deşi, industria şi economia oferă alte multe realizări demne de semnalat.

5. Formarea şi perfecţionarea inginerilor tehnologi şi a proiectanţilor

Inginerii tehnologi şi proiectanţii provin din rîndul absolvenţilor institutelor de învăţămînt tehnic superior, cadre cu oarecare vechime în profesie, majoritatea foşti tehnologi în întreprinderile industriale. Unele facultăţi au specializări în tehnologie sau utilaje tehnologice şi toţi studenţii, pe lîngă proiecte, execută — cel puţin teoretic, un număr suficient de ore de practică în producţie, pentru ca tot teoretic să putem trage concluzia, că învăţămîntul superior tehnic oferă suficiente posibilităţi de însuşire a unor elemente de inginerie tehnologică. Văzute din afară, cu un ochi neavizat, aşa stau lucrurile; sondajele întreprinse periodic de presa studentască analizează practica în producţie şi rezultatele ei, cu un ochi mai avizat şi mai critic. După ce au audiat cursurile de baze teoretice şi bine expuse de profesori competenţi, studenţii, obişnuiţi cu rigoarea ştiinţifică, se apropie cu prea puţin interes de cursurile cu conţinut tehnologic, adesea prezentate descriptiv şi monoton. Cît priveşte practica în producţie şi stagiatura de mai tîrziu, nici ele nu reuşesc să sporească totdeauna interesul pentru tehnologie; în acelaşi timp, li se recunoaşte tinerilor ingineri buna lor pregătire teoretică. În linii mari, astfel îşi încep tinerii ingineri profesiunea; chiar şi după cîtiva ani de stagiu în întreprinderi, experienţa tehnologică lipseşte majorităţii inginerilor tineri. Un număr restrîns dintre ei, cei pasionaţi şi cu simţ practic dovedit încă din vîrstă fragedă, se apropie din proprie iniţiativă de problemele tehnologice complicate şi se instruiesc muncind, dovedind — dacă mai era nevoie — că cel mai valoros proces de instruire este procesul de autoinstruire. Astfel se recrutează preţiosul contingent de viitori

tehnologi și proiectanți; ei ar putea deveni mai numeroși dacă, printr-o mai abilă muncă de modelare a personalității, li s-ar insufla tinerilor ingineri motivații (nu spun cointeresare) mobilizatoare; dar aceasta se realizează destul de rar, din felurite motive.

De aici mai departe, modalitățile de însușire a cunoștințelor, de perfecționare profesională, rămân în continuare specifice personalității fiecăruia.

Spre paguba profesiei, forma de perfecționare prin doctorat a inginerilor tehnologii nu funcționează; lipsesc și temele specifice profesiei și conducători competenți. Nu se organizează nici cursuri post universitare, din considerente similare. Documentarea tehnologilor este dificilă, tehnologia constituind apanajul întreprinderilor; acestea vând produse, dar păstrează secretul asupra tehnologiilor de fabricație. Uneori s-a pornit la proiectarea unor utilaje noi doar după fotografii tipărite pe copertile unor prospecte comerciale. Proiectanții și inginerii tehnologi participă rar la sesiuni științifice, simpozioane și comunică în scris foarte rar despre rezultatele muncii lor; aceasta se datorește în principal faptului că proiectanții și tehnologii, sub presiunea termenelor de predare a documentațiilor (note de comandă, proiecte și detalii de execuție), sînt în permanentă criză de timp, mînați de la spate de acordul global. Vă veți întreba cînd și cum se formează, se documentează și se perfecționează specialiștii cărora li se încredințează valorificarea unei treimi din venitul național? Răspunsul este: cei tineri învață din mers, de la cei mai vîrstnici.



Utilizarea circuitelor electrice cu caracter inductiv și implicațiile lor asupra proceselor elementare la prelucrarea prin eroziune electrică complexă

Prof. dr. doc. ing. Aurel Nanu
Șef lucrări ing. Zenoviu Lăncrăngean
Institutul Politehnic „Traian Vuia” Timișoara

Prelucrarea prin eroziune electrică complexă ca procedeu de prelucrare dimensională se aplică în debitarea, ascuțirea și profilarea materialelor și sculelor confecționate din aliaje metalice cu caracteristici termo-fizice ridicate. Prelevarea de material este consecința dezvoltării simultane a proceselor elementare de dizolvare anodică și, în principal, a celor termice determinate de descărcările electrice în impuls [1, 2, 5]. Procesul eroziv global și caracteristicile tehnologice finale sînt determinate în ultimă instanță, în principal, de mărimea și modul de evoluție a fenomenelor termice, ca urmare a descărcărilor electrice în impuls [3, 4, 5]. Caracteristicile impulsurilor de curent ca formă, amplitudine, frecvență etc. sînt determinate de o multitudine de factori și parametri, dintre

care esențiali sînt: parametrii electrici (U — tensiunea și I — curentul), mecanici (v_r — viteza relativă și P — presiunea dintre obiectul de transfer și obiectul supus prelucrării) și structura circuitului electric [1, 4, 5].

Utilizarea în cazul prelucrării prin eroziune electrică complexă a circuitelor electrice cu structură modificată, prin folosirea inductan-

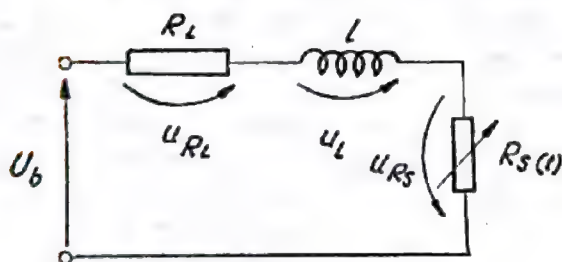


Fig. 16.1. Circuit inductiv.

ței ca parametru concentrat (fig. 16.1), are implicații deosebite în modul de dezvoltare a proceselor elementare cît și asupra procesului eroziv global, fixînd mărimea și calitatea modificărilor provocate în obiectul supus prelucrării.

Considerînd circuitul din fig. 16.1 constituit din rezistența spațiului de lucru $R_s(t)$, conectată în serie cu inductivitatea L și rezistența aferentă

acestui R_L , alimentat cu tensiunea continuă U_b , se poate scrie ecuația diferențială pentru regimul tranzitoriu:

$$U_b = iR_L + L \frac{di}{dt} + iR_{s(t)}, \quad (1)$$

a cărei soluție generală este

$$i = \frac{U_b}{R_L + R_{s(t)}} \left(1 - e^{-\frac{t}{t_c}} \right), \quad (2)$$

reprezentată grafic în diagrama curenților din fig. 16.2.

Constanta de timp a circuitului electric t_c este influențată direct de mărimea inductivității, avînd următoarea expresie:

$$t_c = \frac{L}{R_L + R_{s(t)}}, \quad (3)$$

constantă de timp ce determină durata procesului tranzitoriu atât în cazul conectării, cît și al deconectării circuitului.

Cum prelucrarea prin eroziune electrică complexă se desfășoară la nivelul suprafețelor de contact a celor două obiecte (de transfer și cel supus prelucrării), în prezența unei presiuni de contact și a unei viteze relative v_r , prin realizarea și ruperea microcontactelor stabilite între vîrfurile microasperităților, procesele elementare de eroziune se vor dezvolta într-un continuu proces tranzitoriu. Sub acest aspect evoluția proceselor elementare de eroziune este strîns legată de evoluția parametrilor electrice (i , u), care la rîndul lor sînt dependenți de L prin constanta de timp a circuitului t_c .

Pentru a se putea analiza evoluția proceselor elementare de eroziune în cazul utilizării circuitelor electrice cu structură modificată se definește drept „spațiu elementar D ”, spațiul în care, pe durata de timp t_p se succed la nivelul microasperităților următoarele stadii: de conectare, de contact propriu-zis și de deconectare, astfel că t_p reprezintă constanta de timp a procesului și este egală cu $t_p = D/v_r$.

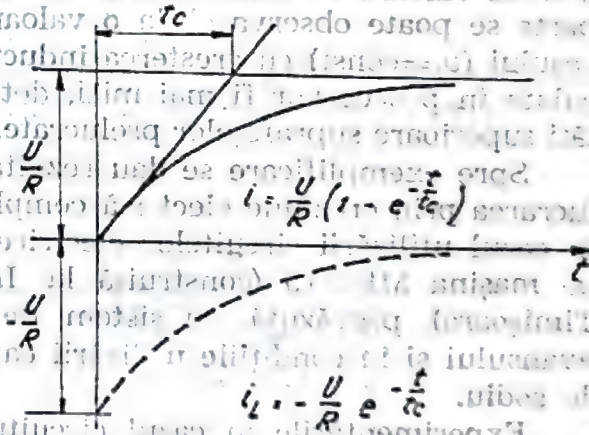


Fig. 16.2. Diagrama curenților.

Analizînd prin prisma corelației dintre t_c și t_p evoluția parametrilor electrice i și u și procesele elementare de eroziune în cazul utilizării circuitelor electrice cu structură inductivă, se pot evidenția următoarele:

— în stadiul conectării (apropierii microcontactelor), la $t=0$, curențul din circuit este nul, tensiunea sursei repartizîndu-se la bornele inductivității, atingerea valorii curențului de regim permițînd de

mărimea constantei de timp a circuitului t_c care crește cu creșterea lui L ; în aceste condiții procesul elementar de dizolvare este încetinit, rezistența electrică a peliculei pasive $R_{s(t)}$, mult diminuată față de cazul circuitelor rezistive pentru același t_p , favorizînd realizarea unor contacte metalice ferme în stadiul următor cu eliminarea aproape totală a apariției descărcărilor electrice prin străpungere;

— în stadiul realizării contactului propriu-zis, datorită rezistenței electrice mici a spațiului de lucru $R_{s(t)}$, posibilitatea realizării unor contacte pur metalice crește, permițînd apariția efectului termic o dată cu creșterea curentului electric;

— în stadiul deconectării (ruperii contactului metalic), apare descărcarea electrică în impuls, care, în cazul circuitelor obișnuite rezistive, se întrerupe brusc datorită scăderii rapide a curentului electric; în cazul circuitelor inductive această scădere se face mai lent apărînd și un salt de tensiune din cauza cedării energiei acumulate în cîmpul magnetic al inductivității în conformitate cu ecuația diferențială caracteristică acestui stadiu:

$$U_{R_s(t)} = U_b - u_{RL} + u_L \quad (4)$$

provocînd intensificarea procesului eroziv termic datorat descărcărilor electrice cu caracteristici pronunțate de impuls.

Aceste intensificări ale procesului eroziv datorat inductivității se pot realiza numai dacă $t_c \approx 1/2t_p$, ceea ce impune o selecție clară a mărimii inductivității pentru o anumită viteză relativă a procesului, mărime ce permite obținerea unor maxime de productivitate. Orice abatere de la această valoare va determina o diminuare a procesului eroziv. Pe de altă parte se poate observa că la o valoare dată a constantei de timp a procesului ($v_r = \text{const}$) cu creșterea inductivității, deci a lui t_c , energiile vehiculate în proces vor fi mai mici, determinînd astfel obținerea unor calități superioare suprafețelor prelucrate.

Spre exemplificare se dau rezultatele experimentale obținute la prelucrarea prin eroziune electrică complexă a aliajelor dure din sortul P 30, în cazul utilizării circuitelor electrice cu structură rezistivă și inductivă, pe mașina MEC-75 (construită la Institutul Politehnic „Traian Vuia” Timișoara), prevăzută cu sistem de reglare și stabilizare automată a avansului și în condițiile utilizării ca mediu de lucru a soluției de silicat de sodiu.

Experimentările în cazul circuitului rezistiv s-au efectuat în condițiile modificării densității de curent în trepte de la 0,08; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3 și 0,35 A/mm² și pentru două viteze relative $v_r = 6$ și 20 m/s, determinîndu-se productivitatea Q , în g/min, și rugozitatea R_a , în μm , fig. 16.3.

Pentru circuitele electrice cu structură inductivă s-au utilizat inductivități de valori $L = 0$; 1; 2; 6 și 10 mH, experimentările executîndu-se pentru o singură densitate de curent $j = 0,2$ A/mm², corespunzătoare domeniului de maxim în cazul circuitelor rezistive și pentru două viteze relative de 6 și 20 m/s, determinîndu-se aceleași caracteristici tehnologice

prezentate în fig. 16.4. În ambele cazuri obiectul de transfer a fost confecționat din cupru.

Din fig. 16.3 se remarcă variația maximală a productivității, maximul plasându-se pentru $j=0,2 \dots 0,25 \text{ A/mm}^2$, rugozitatea crescând cu creșterea densității de curent. Densitățile de curent se limitează în jurul acestor valori pentru micșorarea șocului termic care, în cazul materialelor fragile, poate provoca distrugerea obiectului supus prelucrării prin apariția macrofisurilor.

În fig. 16.4, productivitatea prezintă un domeniu de maxim aferent fiecărei viteze relative, pentru anumite valori ale inductivității corespunzătoare concordanței constantelor de timp, astfel încât în spațiul de lucru se livrează întreaga energie înmagazinată în cimpul magnetic al inductivității. Pentru valori mai mari ale lui L , în care $t_c \gg t_p$, energia livrată în spațiul de lucru scade o dată cu creșterea lui t_c , provocând micșorarea pronunțată a productivității și o îmbunătățire evidentă a rugozității suprafeței prelucrate.

În concluzie se pot face următoarele evidențieri:

— circuitele electrice cu structură modificată prin utilizarea inductivităților drept parametru concentrat sînt recomandate la prelucrarea

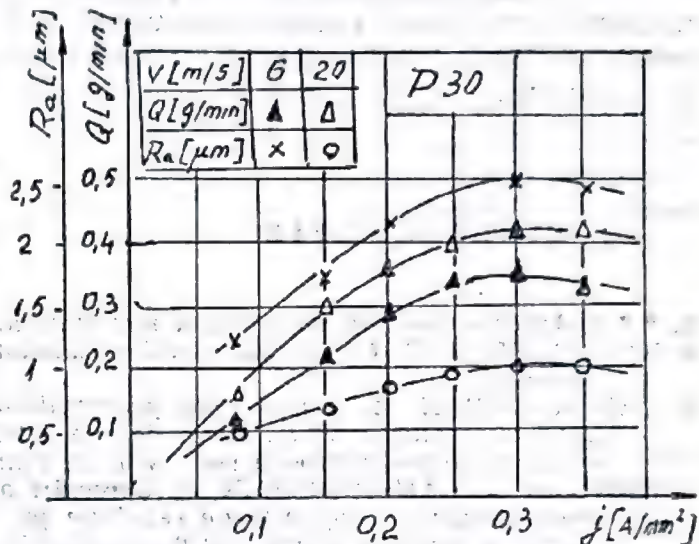


Fig. 16.3. Productivitatea și rugozitatea în circuite rezistive

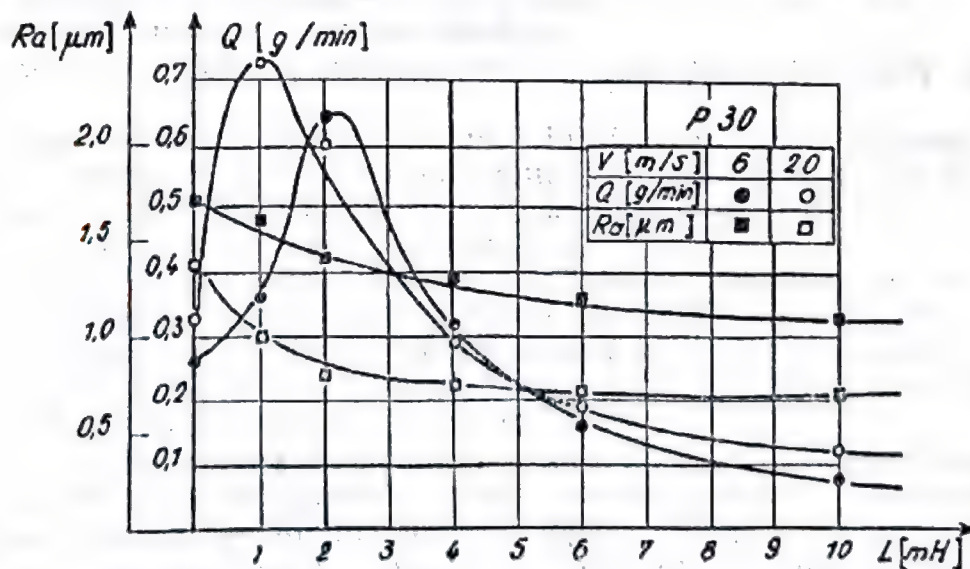


Fig. 16.4. Productivitatea și rugozitatea în circuite inductive.

materialelor cu caracteristici mecanice ridicate și cu mare fragilitate, permițind obținerea unor productivități sporite cu asigurarea unor calități superioare suprafețelor prelucrate;

— prin utilizarea acestor circuite se reduce șocul termic și apariția microfisurilor, evitând distrugerile macroscopice ale contururilor geometrice, păstrând integritatea materialului supus prelucrării;

— se asigură productivități ridicate indiferent de viteza periferică utilizată, permițind prelucrarea unor materiale cu dimensiuni mari la viteze periferice reduse, fapt ce contribuie la reducerea prețului de cost al utilajului.

BIBLIOGRAFIE

1. * * * *Anodno-mehaničeskaja rezka metallov na discovih stankah*, M. ENIMS, 1970.
2. KOSMACEV, I. G. *Obrabotka metallov anodomehaničeskaja sposobom*, Mașghiz, Moscova, 1961.
3. LÂNCRÂNGEAN, Z. *Aspecte ale prelucrabilității prin eroziune electrică complexă a carburilor P 10*. Comunicările celei de-a IV-a Conferințe de procese și utilaje de prelucrare la rece. Vol. II, Timișoara, 1981.
4. NANU, A. și LÂNCRÂNGEAN, Z. *Cercetări asupra posibilităților de prelucrare dimensională a corpurilor de revoluție prin eroziune electrică complexă*. *Buletinul științific și tehnic, I.P.T.* nr. 17, 1972.
5. POPOVICI, V. *Contribuții la studiul fenomenelor fundamentale la prelucrarea prin eroziune complexă*. Teză de doctorat, I.P.T. Timișoara, 1970.



Economii realizate în siderurgie prin aplicarea rezultatelor unor cercetări ale Centrului de Tribotehnică-Galați

Dr. ing. Georgescu Alexandru

Ing. Nășui Victor

Ing. Duțu Gheorghe

Combinatul Siderurgic Galați

În industria siderurgică funcționează un număr foarte mare de utilaje tehnologice și instalații (numai în Combinatul Siderurgic de la Galați funcționează peste 12 000), afară de mijloacele de transport, mașini-unelte, macarale, motostivuitoare etc., care concură la realizarea produsului finit.

Caracteristicile materiilor prime și ale tehnologiilor de fabricație impun utilaje mari, complexe, care trebuie să funcționeze în condiții deosebite, cum ar fi:

- regimuri continue de exploatare;
- medii de lucru corosive, abrazive sau umede;
- temperaturi ridicate sau fluctuații mari de temperatură;
- eforturi mari în piese și articulații;
- vibrații, șocuri puternice, mișcări variate cu inversări de sens repetate;
- contaminarea puternică cu apă a lubrifianților, care la unele locuri de ungere atinge 50% și chiar mai mult (jeturile de apă din sistemul tehnologic al utilajelor produc pur și simplu înlăturarea straturilor de unsoare sau de ulei din punctele de ungere).

Aceste condiții severe de funcționare impun, pentru asigurarea unei lubrifieri eficiente, condiții de etanșare deosebite, prescrierea riguros științifică a lubrifianților, controlul acestora în exploatare, complectarea sau schimbarea lubrifianților uzați la momentul oportun, controlul calitativ și urmărirea punctelor cu uzură maximă.

Data fiind valoarea foarte mare a utilajelor, ca mijloace fixe, și a pierderilor ce se pot înregistra în urma defecțiunilor cauzate de o ungere necorespunzătoare, se impune în mod logic ca ungerea să se efectueze pe criterii științifice. Menționăm că în Combinatul Siderurgic de la Galați utilajele sînt dispersate pe suprafețe întinse, iar producția are caracter

de masă, fiind organizată în flux continuu integrat. Orice dereglare în funcționarea unui element de flux duce la pierderi importante de producție, un minut de oprire poate costa 60 000 lei. Se știe din literatura de specialitate că peste 50% din accidentele tehnice care apar în procesul de producție au la bază o activitate de lubrifiere necorespunzătoare. Controlul planificării și executării ungerii este foarte greu. Cele arătate mai înainte constituie motivația principală unui sistem de ungere îmbunătățit.

Realizarea lubrifierii în instalațiile siderurgice de bază, dat fiind numărul mare al punctelor de ungere care uneori depășește 72 000 la o singură secție, se face prin sisteme mecanizate și centralizate în proporție de circa 90%, astfel:

- stații de ungere centrale, care deserveșc mai multe utilaje;
- stații automate de ungere cu unsoare;
- stații automate de ungere cu ulei;
- stații manuale de ungere;
- stații individuale mecanizate;
- reductoare cu sistem propriu de ungere, reductoare cu ungere prin barbotaj, băi de barbotaj.

Un factor important în ungere îl constituie lubrifianțul. O mare diversitate de uleiuri și unsoari duce la probleme deosebite de aprovizionare, depozitare, manipulare, transport, recuperare, recondiționare etc. De aceea se caută a se optimiza ungerea prin reducerea sortimentelor de lubrifianți și asimilarea lubrifianților din import. În Combinatul Siderurgic Galați, prin întocmirea fundamentală a necesarului de lubrifianți și a unor normative de recuperare s-a redus numărul de sortimente de la circa 75 la 45, obținându-se astfel importante economii de materiale, energie, manoperă, piese de schimb și lubrifianți.

În general, în sistemele închise și etanșe, ungerea se face cu ulei, de ex. la lagărele Morgoil de la cajele de lucru ale laminoarelor, la diverse reductoare, sisteme de acționări hidraulice etc., dar există numeroase puncte de ungere în sistem deschis, unde nu se face ungere cu ulei mineral, ci cu unsoari consistente (de ex., la rulmenții motoarelor electrice și a pompelor etc.). La utilajele cu funcționare continuă, unde ungerea trebuie asigurată cu unsoare, aceasta se face centralizat, prin stațiile automate de ungere. Unsoarea utilizată la aceste stații trebuie să aibă o anumită consistență pentru a putea fi pompabilă, să reziste la temperaturile de lucru ale locului de ungere, să aibă bună aderență pe metal și să nu fie spălată de apă.

Unele unsoari românești au pompabilitatea excelentă, dar posedă o slabă capacitate de lubrifiere, ca de exemplu unsoarea pentru laminoare.

Alte unsoari au rezistență la presiuni ridicate, dar nu sînt pompabile, altele nu sînt rezistente la temperaturi înalte și sînt spălate de apă sau aburi. Cu alte cuvinte unsoarile nu prezintă, cumulativ, toate însușirile cerute de asigurarea unei ungeri corecte a utilajelor siderurgice. Ca urmare, se întrebuintează lubrifianți a căror norme de fabricație sînt mai

vechi decât utilajele moderne cu care sînt înzestrate întreprinderile. În unele întreprinderi se mai utilizează lubrifianți procurați din import.

În această situație a trebuit ca, prin cercetări proprii, să găsim, să experimentăm și să punem în practică rețete de lubrifianți cu proprietăți de ungere superioare, cerute de industria noastră siderurgică. Acest lucru a fost posibil datorită faptului că la cel mai mare combinat siderurgic din țară s-a înființat Centrul de Tribotehnică, care își propune să rezolve problemele complexe de ungere—frecare—uzură care apar în practică în activitatea de producție, precum și îmbunătățirea calității lubrifianților existenți ori crearea unor lubrifianți noi, adecvați siderurgiei.

Centrul de Tribotehnică din Combinatul Siderurgic Galați colaborează în acest scop cu institutele de învățămînt superior din țară, cu diverse institute de cercetări de specialitate în domeniul lubrifianților cu Centrala PECO București și diverse rafinării de petrol.

Este dotat cu laboratoare pentru controlul lubrifianților și pentru cercetări. Înființat din anul 1979, acest centru, prin măsurile de organizare a ungerii în combinat, prin aplicarea științifică a normelor de lubrifiere a utilajelor, prin reducerea sortimentelor de lubrifianți și asimilarea celor din import, prin instruirea ungătorilor și a personalului de întreținere, prin recuperarea lubrifianților uzați în vederea regenerării acestora, prin cercetări aplicate de ungere, frecare, uzură, precum și prin crearea unor noi sortimente de lubrifianți cu proprietăți superioare de ungere, a adus economii anuale de ordinul milioanelei de lei în combinat, ușurarea muncii ungătorilor, precum și posibilitatea de a urmări modul de comportare în exploatare a circa 6 000 tone de uleiuri și 1 500 tone unsori consistente, anual, efectuînd controalele periodice de specialitate în laboratoare dotate corespunzător.

În cele ce urmează dăm cîteva exemple din realizările Centrului de Tribotehnică al Combinatului Siderurgic Galați, în domeniul lubrifianților necesari industriei siderurgice.

1. Unsoare pentru rulmenții cilindrilor de la laminoarele de benzi la cald

La aceste laminoare ungerea lagărelor de la cajele trenului finisor se făcea înainte cu unsori pe bază de săpunuri de litiu-calcu-plumb sau cu unsoare de laminoare. Jeturile puternice ale apei de răcire din fluxul tehnologic al laminoarelor, care în cazul de față servește la răcirea cilindrilor de lucru ai cajelor, spălau peliculele de unsoare, conducînd la opriri repetate a laminorului, în plus fiind necesare întreruperi pentru reumplerea casetelor rulmenților la fiecare schimb. Aveau loc mari pierderi de producție. Trebuia găsită o unsoare impermeabilă la apă și ade-

rentă, care să nu fie spălată de pe locurile de ungere. Prin încercări repetate am reușit să fabricăm această unsoare dintr-o unsoare obișnuită de calciu, prin malaxarea ei într-un malaxor confecționat special pentru acest scop la strungăria de cilindri a laminorului, cu un aditiv obținut prin dizolvarea cauciucului natural fin mărunțit în benzină de extracție, în proporție de 3—5%.

Aditivul se prepară astfel (descrierea Brevetului de Invenție nr. 74358/29.02.1980): se procură cauciuc natural afumat, care se taie în bucățele mici și apoi se introduce într-un recipient acoperit, împreună cu o cantitate de benzină de extracție (fracția 80—100°C), care să acopere bucățile de cauciuc, luându-se toate măsurile de protecția muncii și prevenirea incendiului. După ce bucățile de cauciuc se gonfleză, absorbind benzina, se adaugă din nou benzină, agitând bucățile gelatinoase pînă se ajunge la proporția 30 părți benzină de extracție la o parte cauciuc, cînd se formează o soluție de latex, viscoasă și filantă.

Separat, în malaxorul metalic prevăzut cu ax de agitare se introduc 99 kg unsoare de calciu (sau Li—Ca—Pb). Aditivarea unsoarii se face cu soluția de cauciuc în benzină, în cantități de soluție ce corespund la 0,15% pînă la 1% cauciuc uscat. Dacă soluția este veche, se folosesc cantități de 1—3% cauciuc uscat.

Înainte de aditivare se determină cantitatea de cauciuc uscat din soluție. În acest scop se ia pe o sticlă de ceas, în prealabil tarată, o cantitate de cca 2 g soluție și se introduce în etuvă pentru evaporarea solventului la 105°C. Se lasă în etuvă cca 2 ore și apoi se cîntărește reziduul de cauciuc uscat rămas pe sticla de ceas. Se calculează apoi conținutul și se scoate din vas, cantitatea de soluție necesară care se introduce în malaxor, împreună cu unsoarea.

Se malaxează timp de 8—10 ore unsoarea, apoi se ia probă. Unsoarea este bine finisată cînd capătă un aspect sticlos și are o mare filantă. Dacă s-a pus o cantitate prea mare de cauciuc, atunci unsoarea se face coco-loașe, pierzîndu-și calitățile de ungere. O unsoare corect aditivată este atît de aderentă și impermeabilă, încît nu poate fi desprinsă de pe suprafața metalică nici cu jeturi puternice de apă. Unsoarea conform brevetului de invenție este de 12 ori mai aderentă la suprafața unsă decît orice altă unsoare.

Această unsoare se aplică la ungerea lagărelor de la cajele trenului finisor al laminorului de benzi la cald începînd din anul 1980, preparîndu-se în atelierul strungăriei de cilindri, după rețeta indicată mai înainte. A condus la importante economii de lubrifianți, înlocuind cu succes unsoarele de litiu, calciu, plumb cu bisulfură de molibden, care au dezavantajul că sînt extrem de scumpe (circa 240 000 lei tona) și la creșterea durabilității laminorului, deoarece nu mai sînt necesare întreruperi repetate pentru reumplerea casetelor rulmenților, cum era cazul cînd se foloseau unsoarele spălate de apă.

2. Realizarea unei unsori care, pe lângă impermeabilitate la apă, să prezinte rezistență la temperaturi înalte și presiuni mari

În combinele siderurgice, majoritatea utilajelor funcționează la temperaturi și presiuni ridicate, la care lubrifianții își pierd proprietățile de ungere sau sînt degradați. În aceste condiții trebuie ca locurile de ungere respective să fie lubrifiate din nou, pentru a nu se deteriora ori avaria utilajul respectiv. Astfel, sînt unele utilaje la care reîmprospătarea unsorii se face din 15 în 15 min și chiar mai puțin. Se înțelege că în asemenea condiții, consumurile de lubrifianți, de energie pentru acționarea instalației de ungere și de manoperă sînt foarte mari.

Toate aceste neajunsuri pot fi eliminate prin folosirea unui lubrifiant semifluid (unsoare consistentă) care să reziste la temperaturi fluctuante, cuprinse între temperatura mediului ambiant și 300—400°C ori chiar mai mult și la presiuni extreme, fără a-și pierde calitățile de ungere. De aceea, următoarea etapă a cercetărilor a constituit-o găsirea unei unsori care, pe lângă impermeabilitate la apă, să aibă și rezistență la temperaturi înalte și presiuni mari.

Descrierea brevetului de Invenție 81331/28.02.1983 (titular de brevet Combinatul Siderurgic Galați). Într-un malaxor, prevăzut cu sistem de agitare, de circa 100 l capacitate, se introduce o cantitate de 80 kg dintr-o unsoare obișnuită de calciu, avînd penetrația cuprinsă între 310 și 350 mm/10 și un punct de picurare de minim 90°C, cu mențiunea că această unsoare nu trebuie să conțină cele 0,35 procente de sulf elementar (cum au în general unsorile de laminoare) și nici colorantul violet specific.

Separat, într-un alt recipient, se prepară un amestec omogen format din 10 kg grafit coloidal, 9,5 kg ulei pentru lagăre (tip L 235) și 0,500 kg cauciuc natural afumat, dizolvat în benzină de extracție. Amestecul omogen obținut se introduce în malaxorul care conține cele 80 kg unsoare de calciu, apoi se omogenizează în malaxor timp de circa 8 ore. Se obține în final o unsoare de culoare neagră, lucioasă, filantă și pompabilă, cu punct de păcurare de minim 96°C.

Această unsoare întrunește următoarele calități:

- este impermeabilă la apă, nefiind spălată de jeturile puternice de apă;
- rezistă la presiuni și temperaturi mari sau la fluctuații mari de temperatură;
- este pompabilă, deci poate fi utilizată sisteme de ungere centralizate;
- are o aderență foarte mare pe suprafețele metalice.

Datorită însușirilor menționate mai înainte, consumul din această unsoare pentru asigurarea ungerii la sectoarele calde din industria siderurgică este cu mult mai scăzut, comparativ cu celelalte tipuri de unsori fabricate de industria petrochimică, avînd cam același preț de cost.

Se mai pot obține unsori termorezistente, după același procedeu, și din unsori de litiu, calciu, plumb, care au avantajul că pot asigura o ungere mai îndelungată, fără a putea fi însă pompate prin conducte subțiri.

Rețeta se aplică în Combinatul Siderurgic Galați din anul 1982. A fost experimentată ungerea cu acest lubrifiant (întocmindu-se fișe de experimentare) în mai multe locuri:

- rulmenții căilor cu role de la alimentarea și evacuarea cuptoarelor cu propulsie și a reductoarelor de la laminarele de tablă groasă nr. 1 și 2;

- la strungăria de cilindri a laminorului de benzi la cald;

- la mașina de flamat sleburi, la căile cu role de la mesele de stivuit și la cuplajele macaralelor de la secția Slebing.

În acest scop, unsoarea a fost preparată în cantitățile necesare la Rafinăria Râmnicu Sărat, iar în ultimul timp chiar la atelierele de strungărie cilindrii din laminorul de tablă groasă nr. 1 și laminorul de benzi la cald, cu ajutorul a două malaxoare speciale, după rețeta conform invenției.

Fișele de experimentare, urmărite pe timp de mai mulți ani, arată că la locurile menționate, unde ungerea se făcea înainte cu unsori obișnuite, s-au realizat următoarele:

- reducerea considerabilă a consumului specific de unsori;

- reducerea consumului de piese de schimb și creșterea fiabilității utilajelor;

- reducerea cheltuielilor de întreținere prin reducerea consumului de energie electrică pentru acționare;

- reducerea pierderilor de producție care se datorau unor întreruperi produse din cauza ungerii defectuoase.

3. Alte cercetări pentru obținerea de lubrifianți necesari în siderurgie, folosind ca materii prime produși disponibili în țară

În domeniul unsoarelor lubrifiante s-au făcut prea puține încercări de a lărgi baza de materii prime din care ele se pot fabrica. În prezent, unsoarele se obțin exclusiv din săpunuri metalice dispersate în uleiuri minerale, care sînt produse petroliere, deci materii prime deficitare. Dar se pot obține compoziții lubrifiante, atît uleiuri, cît și unsori, din subproduse care rezultă secundar la fabricarea coesului metalurgic, cum ar fi smoala de cocserie, uleiul polimerizat, gudronul de cocserie etc. Unele dintre aceste subproduse sînt foarte ieftine și mai ales disponibile, întrucît nu li s-a dat o întrebuințare superioară (valorificare complexă).

Prezentînd avantajul că pot înlocui cu succes lubrifiantii proveniți din țiței, la ungerea unei game largi de utilaje (roți dințate, funiculare,

prese, cuptoare rotative, lanțuri cu glisieră etc.), lubrifiantii cocschimici, a căror întrebuințare de-abia a început, vor avea în viitor o dezvoltare tot mai însemnată.

Menționăm brevetul de invenție nr. 86202/29.X.1984, titular Combinatul Siderurgic Galați, pentru o compoziție lubrifiantă de utilaje industriale, obținută din smoală de cocserie și ulei polimerizat, aditivat anticorosiv și antioxidant. Compoziția a fost experimentată în combinat pentru ungerea lanțurilor de la paturile de răcire a tablelor fierbinți, de la laminorul de tablă groasă nr. 2.

O altă unsoare cocschimică face obiectul brevetului de invenție nr. 88452, titular Combinatul Siderurgic Galați. Această unsoare, corespunzătoare pentru ungerea utilajelor din industria siderurgică ce lucrează la temperaturi ridicate, este realizată pe bază de componente disponibile (subproduse cocschimice), în locul componentelor petroliere deficitare.

O altă cale de obținere a unor lubrifianți, care prin structura lor bine reticulată și omogenă se pretează la ungerea unor mecanisme fine și aparatură A.M.C., este înlocuirea săpunurilor metalice cu polimeri. Se știe că săpunurile metalice nu pot fi dispersate perfect în uleiurile minerale, de aceea unsoarele care se obțin prin acest procedeu uzual, în funcție de săpunul metalic folosit, au diferite grade de neomogenitate. Unsoarele de sodiu, spre exemplu, au o structură de-a dreptul fibroasă. Pe deasupra, în anumite împrejurări se produce separarea săpunului din unsoari, formându-se cocloaze, care nu prezintă proprietăți de ungere. De altfel și săpunurile metalice, datorită materiilor prime din care se obțin (grăsimi animale), au devenit o materie primă deficitară.

Cercetările noastre s-au axat pe proprietatea polietilenei de a se dispersa, prin încălzire la o anumită temperatură, aproape complet în uleiuri minerale, dând, la răcire, o unsoare aproape 100% omogenă, care mai prezintă și avantajul că nu separă faza dispersă, cum este cazul la unsoarele obișnuite. Am obținut astfel diverse unsoari lubrifiante prin adăugarea unor aditivi care să le confere proprietăți superioare.

Una dintre aceste rețete, avizată pozitiv de Institutul de Cercetări, Inginerie Tehnologică și Proiectare Rafinării Ploiești, a devenit obiectul brevetului de invenție nr. 86330, al cărui titular este Centrala Industrială de Rafinării și Petrochimie Ploiești, care va lua măsurile de introducere în fabricație la scară industrială a produsului, denumit conform brevetului de invenție, „Unsoare lubrifiantă pentru aparate și mecanisme fine”. Această unsoare se utilizează de doi ani în Combinatul Siderurgic Galați la ungerea unor mecanisme fine de la uzina de producere și distribuire a energiei în siderurgie, înlocuind cu succes o unsoare procurată din import.

Și, în fine, mai menționăm brevetul de invenție nr. 86161 — titular Combinatul Siderurgic Galați, privind un lubrifiant termorezistent pentru medii umede. Noutatea tehnică a acestei unsoari este aditivul folosit, precum și reacția chimică de înglobare a aditivului în săpunul metalic.

În prezent, unsoarele lubrifiante uzuale sînt aditivate cu diverse substanțe chimice care le conferă rezistență la presiuni și temperaturi ridicate, cum ar fi grafitul coloidal, bisulfura de molibden, monoxidul de

plumb etc. Acești aditivi sînt ei înșiși buni lubrifianți, fiindcă au o structură cristalină lamelară, lamelele fiind slab legate între ele, de aici onctozitatea și proprietățile de ungere excelente. În schimb, prezintă dezavantajul că unii se procură din import (grafitul concentrat și purificat), iar alții sînt extrem de scumpi, (bisulfura de molibden depășește 3 000 lei/kg), iar unsoarele fabricate cu acești aditivi ajung la prețuri de cost exorbitante (240 mii lei tona de unsoare cu MoS_2). Ce altă substanță chimică ar avea aceste proprietăți fiind în același timp disponibilă în țară la un preț de cost scăzut?

Talcul este un mineral cristalizat în sistemul monoclinic, fiind un praf unsuros la pipăit și avînd formula chimică $\text{Mg}_3[(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}]$ sau $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, care se mai numește și silicat de magneziu hidratat, aflat în stare naturală. În rețeaua cristalină a talcului, straturile sînt mai slab legate între ele, astfel încît pot aluneca ușor unele peste altele și astfel talcul are proprietăți lubrifiante, prea puțin cunoscut pînă acum ca aditiv pentru unsoari.

Problema este modul în care poate fi înglobat în structura unsoarii, pentru a nu separa în condițiile severe de lucru ale utilajelor siderurgice. O simplă amestecare nu este suficientă (s-a încercat, dar nu a dat rezultate). Prin multe tatonări s-a găsit că cel mai bun procedeu este acela al legării talcului de săpunul metallic care formează faza dispersă a unsoarii. În acest scop se face o soluție de săpun de sodiu în apă, apoi se adaugă talcul (20 kg săpun de sodiu, 20 kg talc, 60 kg apă dedurizată). Soluția se omogenizează foarte bine. Într-un alt recipient se face o soluție de sulfat de aluminiu (20%). Ca materii prime se folosesc săpun de rufe (pentru prima soluție) și piatră albă a sulfatului de aluminiu la a doua soluție). Soluțiile se încălzesc pînă pe la 70°C , apoi se amestecă. Se produce reacția chimică prin care aluminiul trece în locul sodiului, obținindu-se săpunul de aluminiu asociat cu talcul prins în structura săpunului.



Săpunul de sodiu asociat cu talcul

Sulfatul de aluminiu

Săpunul de aluminiu asociat cu talcul

Săpunul de aluminiu asociat cu talcul separă din soluție sub forma unui precipitat alb, care este stors, uscat, cîntărit și apoi dispersat, prin procedeul conform invenției, într-un ulei mineral rafinat, de exemplu uleiul de cilindru. Se obține o unsoare filantă, omogenă, care prezintă avantajul că poate asigura ungerea la temperaturi ridicate (a fost experimentată cu bune rezultate la ungerea rulmenților de la calca cu role a Secției Slebing, unde unsoarele uzuale nu rezistă decît dacă sînt pom-pate cu frecvențe de 15—30 min), este foarte aderentă la suprafața metalelor, deci nu poate fi spălată de apă, este impermeabilă și poate fi utilizată în medii umede. Dar mai prezintă marele avantaj că revine la un preț de cost scăzut și nu necesită produse din import, pentru fabricare.

Laboratorul Institutului de Cercetări și Proiectări Tehnologice în Transporturi — București a analizat, la cererea noastră, două probe din acest lubrifiant, obținut în laboratorul nostru, eliberând buletinul de analiză nr. 57/22.III.1982, considerându-l comparabil cu unsoarele siliconice din import și cu unsoarele pe bază de bisulfură de molibden.

În încheiere mai menționăm că cercetările noastre nu s-au oprit aici. În ultimul timp am elaborat noi rețete de lubrifianți, uleiuri și unsoari, lichide hidraulice neinflamabile și alte substanțe care, în final, urmăresc să asigure o bună fiabilitate a utilajelor, prelungirea vieții acestora, creșterea planului de producție prin reducerea opririlor accidentale cauzate de o ungere defectuoasă, reducerea consumurilor de energie și lubrifianți, și a consumurilor de piese de schimb, precum și creșterea calității produselor de bază ale industriei metalurgice.

4. Contribuții la studiul și testarea lubrifianților

Metodele actuale de analiză și testare a unsoarelor lubrifiante nu permit aprecierea capacităților de ungere în condiții de lucru variabile și, în special, la parametrii severi de funcționare.

De exemplu, capacitatea unei unsoare de a asigura ungerea utilajelor la anumite temperaturi de lucru se apreciază după punctul de picurare (STAS 37-67).

Aceasta înseamnă că nici o unsoare nu poate fi folosită peste punctul de picurare (de obicei se recomandă utilizarea la temperaturi cu 20—30°C inferioare acestui punct), fără riscuri de a deteriora utilajul. În realitate există unsoari care pot asigura ungerea la temperaturi superioare punctului de picurare, acestea fiind unsoarele aditivat special pentru temperaturi și presiuni ridicate, cum ar fi unsoarele cu bisulfură de molibden, unsoarele termorezistente arătate la § 17.3. și altele.

Pentru a determina pînă la ce temperatură pot asigura ungerea aceste unsoari, am construit un aparat care simulează condițiile de lucru din secțiile de producție.

Acest aparat, ce formează obiectivul brevetului de invenție nr. 84132, acordat Combinatului Siderurgic Galați, funcționează pe principiul rotației unui rulment etalon într-o cuvă închisă, în care temperatura se poate regla, cu ajutorul unei rezistențe, la orice valoare, pînă la 300°C, fiind măsurată și indicată cu ajutorul unui logometru cu cadran.

Metoda de lucru este următoarea: se ia o cantitate determinată dintr-o probă de unsoare, se introduce în rulment, apoi se pornește aparatul. Unsoarea încercată va putea asigura ungerea rulmentului etalon, la o anumită temperatură de lucru (în creștere sau staționară), un anumit timp, acesta din urmă fiind măsura exactă a capacității de lubrifiere a unsoarii și nu punctul de picurare. În momentul în care unsoarea își pierde capacitatea de lubrifiere, rulmentul tinde să se gripeze și acest lucru este indicat pe un cadran. Cu acest aparat am testat toate unsoarele folosite în

Combinatul Siderurgic Galați, reușind să recomandăm pentru fiecare sortiment locurile unde pot fi folosite cu randament maxim. Soluția tehnică a acestui aparat a fost avizată pozitiv de Centrul de Cercetări și Proiectări Rulmenți, Cuzineți și Organe de Asamblare, Brașov.

Un alt test la care supunem unsoarele lubrifiante este cel al pompabilității lor. În marile combine, majoritatea utilajelor sînt lubrificate automat, prin stații centrale de ungere, dat fiind numărul extrem de mare al punctelor de ungere, ce poate depăși cîteva zeci de mii într-o singură secție de producție. Dacă ungerea se poate controla vizual, acolo unde se face manual (circa 10% din totalitatea utilajelor unei secții), la ungerea prin stații centralizate acest lucru este imposibil.

În asemenea cazuri, eficiența ungerii se poate aprecia dacă sînt îndeplinite următoarele condiții:

— stația centrală, automată de ungere este în perfectă stare de funcționare;

— conductele prin care circulă unsoarea nu sînt înfundate, iar presiunea stației este suficient de ridicată pentru traseul dat;

— unsoarea lubrifiantă nu dă depuneri în conducte;

— unsoarea respectivă este pompabilă, adică poate circula prin traseele respective, ajungînd la punctele de ungere cu debitul constant (de ex., 100 g/oră) și la perioadele de timp impuse de regimul ungerii (de ex., 1—15 min).

Această din urmă proprietate a unsoarii, pompabilitatea, este cea mai importantă caracteristică acolo unde ungerea se face centralizat, prin stații automate și ea trebuie bine determinată pentru fiecare sortiment de unsoare.

Stațiile de ungere diferă și ele, prin lungimea traseelor, numărul punctelor de ungere, parametrii de lucru etc. Astfel că folosirea unei unsoari la ungerea centralizată, fără a-i cunoaște pompabilitatea, duce la defectarea stației, la puncte de ungere nelubrificate, la uzura prematură a utilajelor și alte consecințe imprevizibile. Toate aceste efecte negative pot fi însemnate acolo unde ungerea se face automatizat în proporție de 90%.

Recomandarea unsoarelor pentru stațiile centralizate de ungere, după penetrație (STAS 8946-71) este imprecisă, ducînd în unele cazuri la defectarea agregatelor. Metoda este statică, fiindcă se determină o unsoare care nu „circulă”, fiind o mare deosebire între unsoarea care stă nemişcată și aceeași unsoare care circulă la presiuni și debite variabile, prin trasee de diverse lungimi și secțiuni ale instalațiilor centralizate de ungere.

O unsoare „moale” (după penetrație) poate deveni „tare” la o anumită presiune de lucru a stației și la un anumit diametru al conductei, existînd riscul de a nu ajunge la locurile de ungere (așa cum se constată în practică, spre nedumerirea personalului de deservire a stației).

De aceea, găsirea unei metode corespunzătoare de apreciere a pompabilității unsoarelor lubrifiante cu ajutorul unui stand original, realizat prin autodotare în laboratorul Centrului de Tribotehnică al Combinatului Siderurgic Galați, ușurează munca ungătorilor în special la Uzina de

lamine plate, unde utilajele sînt lubrificate centralizat, cu cea mai mare pondere.

În principiu se măsoară timpul parcurs de unsoarea testată pe un traseu de conducte ales, cu un debit dinainte stabilit, la o anumită temperatură și presiune de lucru, în funcție de condițiile reale de lucru ale instalației de ungere din secția de producție la care se face determinarea.

De exemplu, dacă se reglează standul de probă, constituit din pompă acționată electric pentru unsoare, inversor de sens, traseu de probă și traseu etalon marcat cu alimentatori, manometru, termometru și robinet, la un debit de 90 g/min la presiunea de inversare de 50 bar și temperatura de 25°C, unsoarele încercate au prezentat următorul ciclu de pompabilitate:

Tip unsoare	Penetrație la 25°C (1/10 mm)	Timp realizare ciclu (sau pompabilitate)
Unsoare siderurgică pentru sectoare calde	270—310	3 min 10 s
Unsoare laminor	270—310	3 min 45 de s
Mobilplex 47	270—310	3 min 50 de s
LiCa Pb tip 1	305—345	4 min 30 de s
Rul 100	215—255	5 min
U.M. 170 Li 2	260—300	12 min
U.M. 185 Li 2	260—300	27 min

Se observă că pompabilitatea diferă radical la unele sorturi de unsoare, deși penetrațiile au valori apropiate.



INGINERIA CALITĂȚII. FIABILITATE, MENTENABILITATE

Orientări actuale în domeniul controlului calității. Reflecții pe marginea Conferinței Anuale EOQC '86

Dr. Viorel Gh. Vodă

Centrul de Statistică Matematică București

1. Introducere

În luna iunie 1986 a avut loc în capitala Suediei cea de a 30-a Conferință Anuală a Organizației Europene pentru Controlul Calității (EOQC), desfășurată sub auspiciile Asociației Suedeze pentru Calitate (SEAQ).

În decursul celor 30 de ani de existență a EOQC, participarea din acest an la Conferința Anuală a Organizației a înregistrat un record: 675 de participanți din 47 de țări — 24 europene și 23 din Asia, Africa și cele două Americi.

Țara noastră a fost prezentă la Conferință prin Inspectorul General de Stat — dr. ing. Mihail Buracu, reprezentantul R. S. România în Consiliul de Conducere al EOQC și prin secretarul tehnic.

Amploarea participării, prezența unor specialiști de renume internațional (dr. J. M. Juran — S.U.A., prof. dr. Genichi Taguchi — Japonia, dr. A. S. Pronikov și dr. I. I. Issaev — U.R.S.S., dr. Agnes Zaludova — R.S.C., dr. Fausto Galetto — Italia etc.), precum și a unor șefi de compartimente de ingineria calității de la firme binecunoscute (Volvo, Saab, Fiat, I.B.M., Komatsu Ltd. ș.a.) au oglindit deosebita importanță care se acordă problemei calității în etapa actuală de dezvoltare economică pe plan mondial.

Vom încerca în cele ce urmează să desprindem câteva dintre direcțiile care se manifestă în controlul calității la nivel internațional.

2. Scurt istoric al EOQC

Pentru a înțelege mai bine rolul EOQC în contextul modern al problemelor legate de calitate, trebuie arătat că s-a constituit în anul 1956, din această organizație făcând parte, actualmente, 24 de țări euro-

penel¹, printre care și România. Țara noastră este membră a EOQC din 1966, primul reprezentant român în Consiliul său de Conducere fiind regretatul academician Gheorghe Mihoc (1906—1981). În prezent, reprezentarea R.S.R. în Consiliul EOQC este asigurată de Inspectoratul General de Stat pentru Controlul Calității Produselor.

Sediul Secretariatului EOQC se află la Berna în Elveția. Noul președinte ales al EOQC (pe o perioadă de doi ani) este dr. H. D. Seghezzi (Liechtenstein).

EOQC, *organizație științifică și tehnică*, urmărește progresul în domeniul calității produselor și serviciilor, avînd drept scop inițierea, propagarea și îmbunătățirea utilizării principiilor și metodelor controlului calității, cu intenția de a contribui la ridicarea nivelului calității și fiabilității produselor și serviciilor. EOQC inițiază și promovează atît studii teoretice cît și aplicarea practică a tehnicilor moderne ale controlului calității.

Este interesant de remarcat faptul că emblema EOQC conține ca element dominant — în afara literei E (inițiala continentului Europa) — prezentarea stilizată a densității de probabilitate a legii statistice normale (clopotul lui Gauss). Acest lucru are semnificația acordată fundamentării controlului calității pe principiile statisticii matematice (facem observația că, la rîndul său, emblema ASQC — Asociația Americană pentru Controlul Calității — este fișa de control de tip Shewhart).

Activitatea EOQC se desfășoară prin Secțiile și Comitetele sale, prin Conferințele Anuale și seminariile de specialitate, prin publicațiile și schimburile de documentație cu organizații internaționale cu preocupări în domeniul calității — cum ar fi ISO (Organizația Internațională pentru Standardizare) — sau cu organizații de profil din țări neeuropene: ASQC, JUSE — Uniunea Oamenilor de Știință și a Inginerilor Japonezi etc.

Secțiile EOQC sînt înființate pentru cercetări în domeniul calității, abordînd probleme specifice diferitelor industrii. Astfel, există secția aerospațială, secția pentru industria automobilelor, secția pentru calitatea produselor farmaceutice etc.

Comitetele EOQC studiază problematici de interes general în controlul calității, cum ar fi educația și învățămîntul în domeniul controlului calității, relațiile producător—beneficiar, terminologia calității (Comitetul pentru Glosar), responsabilitatea asupra produsului (liability), fiabilitatea, costurile calității, standardizarea în controlul calității.

EOQC desfășoară o bogată activitate publicistică în controlul calității. Astfel, se editează revista „Quality” (cinci numere pe an), „Glosarul termenilor utilizați în controlul calității” — ajuns acum la a 5-a ediție (1981) în care limba română este prezentă alături de alte 14 limbi, volumele de lucrări științifice prezentate la diferite conferințe și seminarii de specialitate desfășurate sub egida sa.

Documentele EOQC au caracter de recomandare (țările membre le pot utiliza sau nu în funcție de condițiile concrete), dar, fiind elaborate

¹ La Stockholm s-a făcut cunoscut faptul că Islanda va deveni cea de a 25-a țară membră a EOQC.

de specialiști cu renume pe plan european și internațional, acestea se constituie de la sine în lucrări de referință pentru cei angrenați în activitatea de control al calității din toate țările europene.

3. Concluzii desprinse din Conferința Anuală EOQC '86 de la Stockholm

Diversitatea specialiștilor prezenți la Conferință (ingineri, matematicieni, cercetători, șefi C.T.C. etc.), diversitatea țărilor, instituțiilor și firmelor pe care aceștia le-au reprezentat s-au oglindit în mod natural în conținutul lucrărilor prezentate în cursul ședințelor de comunicare. Audierea unora dintre aceste referate precum și parcurgerea ulterioară a volumului, cu toate comunicările editate cu ocazia Conferinței Anuale, ne permit evidențierea unor direcții de acțiune și cercetare prioritare în controlul calității, depistarea „invariantilor” în acest domeniu. Conferința s-a desfășurat pe secțiuni paralele, a căror heraldică este semnificativă din punctul de vedere al topicilor abordate: „Calitatea ca strategie”, „Beneficii prin calitate”, „Dezvoltarea produsului”, „Promovarea calității pe plan național”, „Costurile duratei de funcționare a utilajelor”, „Verificarea și încercarea produselor”, „Programe pentru calitate la nivel de întreprindere”, „Aspecte internaționale ale problemei calității”, „Capabilitatea proceselor tehnologice”, „Metode de eșantionare pentru verificarea calității la recepție”, „Evaluarea calității produselor”, „Dezvoltarea calității la sfârșitul secolului: perspective”.

Comentariile asupra varietății aspectelor dezbătute sînt evident superflue. Analizînd însă conținutul efectiv al unor comunicări din cadrul secțiunilor mai sus-menționate putem face următoarele observații:

1. Problema controlului calității este abordată din ce în ce mai mult sub aspect managerial (de organizare și conducere), devenind din ce în ce mai clar faptul că succesul oricărui program pentru promovarea calității, la nivel micro sau macroeconomic, depinde esențial de cooperarea conducerii la cel mai înalt eșalon al întreprinderii.

În acest sens, referatele prezentate de specialiștii japonezi (Ryoichi Kawai [6], Hitoshi Kume [7]) au scos în evidență avantajele așa-numitului *control total al calității*. Asupra acestui aspect este necesar un scurt comentariu. Controlul total al calității nu are nimic comun cu verificarea totală (100%) a produselor la recepție și/sau livrare. Conceptul de control total al calității a fost lansat în anii '60 de specialistul american Armand V. Feigenbaum, fost președinte de onoare al Academiei Internaționale a Calității, și viza desfășurarea activităților și responsabilităților pentru calitate, într-o întreprindere, *pe orizontală*, în sensul existenței în cadrul fiecărui compartiment (proiectare, producție, montaj, verificare, service etc.) a unui grup restrîns specializat în problema calității [1].

Concepția japoneză este diferită, în această țară activitatea de control al calității desfășurându-se *pe verticală*, de la conducere până la simplul operator, toți fiind obligați să cunoască și să aplice un minim de cunoștințe necesare analizei și îmbunătățirii calității (inclusiv metode statistice), cunoștințe specifice poziției pe care o ocupă în ierarhia întreprinderii [2].

2. Metodele statistico-matematice și facilitățile actuale de calcul („informatica distribuită”) sînt considerate în prezent instrumente de bază în domeniul controlului calității, dar acestea nu formează un scop în sine ci sînt subordonate politicii calității desfășurate la nivel de întreprindere și pe plan național.

Necesitatea utilizării statisticii matematice și a calculatoarelor este obiectivă — din motive pe care nu mai este necesar să le detaliez aici [3] — iar lucrările Conferinței au evidențiat în plus ideea interdependenței producției industriale, adică faptul că la realizarea unui produs complex (de ex. o turbină, un autocamion, un avion etc.) participă un întreg segment al economiei unei țări (dr. ing. Wolfgang Hansen — vicepreședinte al firmei MTU — Motoren und Turbinen Union, München, R.F.G. [8]).

Această complexitate implică folosirea metodelor statistice adecvate în vederea analizei și controlului (stăpînirii) acestor procese, însoțite și asistate de posibilitățile enorme de calcul oferite de calculatoarele epocii moderne.

3. Din punctul de vedere al specialiștilor, în domeniul controlului statistic al calității și fiabilității produselor s-au creionat direcțiile prioritare ale cercetării și anume:

a) procedee de eșantionare cu considerarea costurilor aferente unităților de produs încercate și a costurilor erorilor survenite în procesul de clasificare a produselor în corespunzătoare sau defecte [9];

b) studiul capabilității proceselor tehnologice prin evaluarea și compararea toleranțelor statistice (naturale) cu cele specificate [10];

c) adecvarea repartițiilor statistice asimetrice (nenormale) pentru caracteristici de calitate ale produselor sau pentru comportarea proceselor de fabricație;

d) aspecte legate de estimarea duratei medii de funcționare a sistemelor complexe și a costurilor aferente unei durate de viață fixate anterior.

4. Cîteva aspecte teoretice

Este interesant de remarcat faptul că, în contrast cu progresele uriașe făcute de controlul calității în ultimele decenii, atît din punctul de vedere al rafinării procedeelor teoretice, cît și al aportului substanțial oferit de mijloacele de calcul, principiile de bază ale controlului calității, fundamentate în anii '30 ai secolului nostru de către W. A. Shew-

hart și dezvoltate ulterior de W. E. Deming, J. M. Juran, W. R. Pabst, E. Ott ș.a., au rămas practic nealterate (vezi de ex. lucrarea lui J. Repko, consultant în statistică și control al calității la firma Philips, Olanda [11]).

În esență, metodologia fișelor de control statistic de tip Shewhart, ajustată de unele îmbunătățiri moderne, și-a păstrat actualitatea. Rămâne valabil principiul schewhartian al fișelor de control și anume acela de *analiză, stabilizare și optimizare* a proceselor tehnologice indiferent de rapiditatea de calcul, de difuzare a informației și de luare a deciziei privind acțiunile corective la nivelul procesului în vederea obținerii optimizării dorite.

Accentul pus în numeroase lucrări prezentate la Stockholm pe aspectele legate de diferite costuri nu face decât să reitereze cerința lui Shewhart de la începutul deceniului patru al veacului nostru: *controlul economic* al proceselor de producție.

Problema capabilității proceselor tehnologice este astăzi extrem de importantă, atât din punct de vedere științific cât, mai ales, din punct de vedere economic, deoarece este împiedecă faptul că numai procese tehnologice *capabile* să furnizeze calitatea dorită pentru produsele respective vor reuși să devină competitive. A apărut astfel necesitatea definirii unui *indice de capabilitate* al proceselor tehnologice care să le descrie tocmai această însușire.

Problema a fost pusă încă din 1931 tot de Shewhart, definită tot de el, în mod riguros, în 1939 și rezolvată complet, pentru caracteristici de calitate ce ascultă de legea normală, abia în perioada '41—'45 de cunoscuții matematicieni S. S. Wilks, A. Wald și H. Robbins [4].

Shewhart a sugerat construirea unui indice de capabilitate a proceselor tehnologice prin raportul intervalului de toleranță specificat $I_{TS} = T_s - T_i$ și intervalul toleranțelor naturale (statistice) proprii procesului ce generează caracteristica de calitate respectivă.

Problema toleranțelor statistice constituie încă o preocupare actuală a statisticienilor, îndeosebi în cazul altor repartiții decât cea normală, cu precădere pentru repartiții statistice utilizate în teoria durabilității și fiabilității componentelor și sistemelor tehnice [5].

5. În loc de încheiere

Desigur, în câteva pagini este dificil de cuprins o bogăție de idei izvorită din rodul unor experiențe și cercetări profunde desfășurate în diferite țări și de-a lungul unor ani de activitate. Totuși, fără nici o exagerare, se poate afirma că, referitor la controlul calității, rămâne valabilă o butadă de acum un deceniu (a cunoscutului pionier al aplicării controlului calității în Japonia, W. E. Deming) și anume că acesta este „more alive than ever” — mai viu ca oricând.

BIBLIOGRAFIE

1. FEIGENBAUM, A. V. *Total Quality Control — Engineering and Management*. New York, Mc. Graw-Hill Book Co., 1961.
 2. ISHIKAWA, K. *Quality Control in Japan*. In: *Quality*, XXIII, nr. 2, 1979, pp. 18—20.
 3. TÖVISSI, L. și VODĂ, V. GH. *Metode statistice. Aplicații în producție*. București, Editura Științifică și Enciclopedică, 1982.
 4. VODĂ, V. GH. ș.a. *Statistică și toleranțe*. București, Editura Tehnică, 1977.
 5. ISAIC-MANIU, AL. și VODĂ, V. GH. *Fiabilitatea — Șansă și risc*. București, Editura Tehnică, 1986.
- Lucrări prezentate la Conferința Anuală EOQC de la Stockholm
6. RYOICHI KAWAI. *Total Quality Control at Komatsu Ltd.* In: *Proceedings of the 30th Annual Conference, Stockholm, Sweden 16—19 June, 1986*, pp. 1—8.
 7. HITOSHI KUME. *Business Management and Quality Economy*. Idem, pp. 117—123.
 8. HANSEN, W. *Quality Assurance — An Exercise in Cooperation*. Idem, pp. 17—26.
 9. NACHLAS, J. A. and Seong, InKim. *Generalized Attributes Acceptance Sampling Plans*. Idem, pp. 429—439.
 10. GENICHI TAGUCHI. *Product Quality Evaluation and Tolerances*. Idem, pp. 259—265.
 11. REPKO, J. *Process Capability Plot: Value to Customer and Manufacturer*. Idem, pp. 373—381.

Continuarea 1

Continuarea 2

Studiul distribuției tensiunilor în pereții recipientelor-butelii pentru gaze la înalta presiune*)

Prof. dr. doc. ing. Dumitru Remus Mocanu

Ing. Nicolae Ionescu

Dr. ing. Emil Spirea

Institutul de Cercetări și Proiectări Tehnologice în Transporturi

1. Introducere

Vasele de revoluție în cauză (fig. 19.1) denumite după instrucțiunile în vigoare — recipiente-butelii — se folosesc la depozitarea fluidelor sub forma gazelor comprimate lichefiate sau dizolvate sub presiune (oxigen, azot, argon, dioxid de carbon, diverse gaze combustibile etc.). Ele fac parte din categoria plăcilor curbe de grosime redusă, din care cauză, în tratarea lor, se consideră că pereții vasului se comportă ca o membrană, adică pot prelua numai tensiuni de întindere.

2. Tehnologie de fabricație

În afara considerentelor de ordin economic, execuția recipientelor-butelii din țevă prezintă avantajul unui control riguros al fabricației comparativ cu utilizarea blocului de metal deformat plastic prin forjare în matrită pe adâncime în raport $l/d=6 \dots 8$, unde l este înălțimea, iar d — diametrul (fig. 19.2).

Pentru realizarea formei finale din fig. 19.2, c, avînd ca fază inițială forma din fig. 19.2, a, se produce o deformare plastică dirijată (condusă) după o anumită tehnologie proprie. În fig. 19.2, b se prezintă schematic succesiunea deformației plastice, în așa fel ca de la forma ci-

* Lucrare susținută la a VIII-a Conferință Internațională de analiză experimentală a tensiunilor, Amsterdam, mai, 1986.

lindrică să se obțină forma de ogivă la fundul și capul (gît) recipientului-butelie.

S-ar putea aprecia (exprima), privind succesiunea deformațiilor de la fundul și capul (gîtul) buteliei, că este o dislocație, deoarece la nivel microstructural, într-o anumită regiune a țevii se produc perturbări localizate ale rețelei, care separă zonele dintr-un cristal în care s-a produs o alunecare de zonele în care aceasta nu s-a produs. Investigațiile din cele două zone ogivate arată că, pe măsură ce dislocația se deplasează, alune-

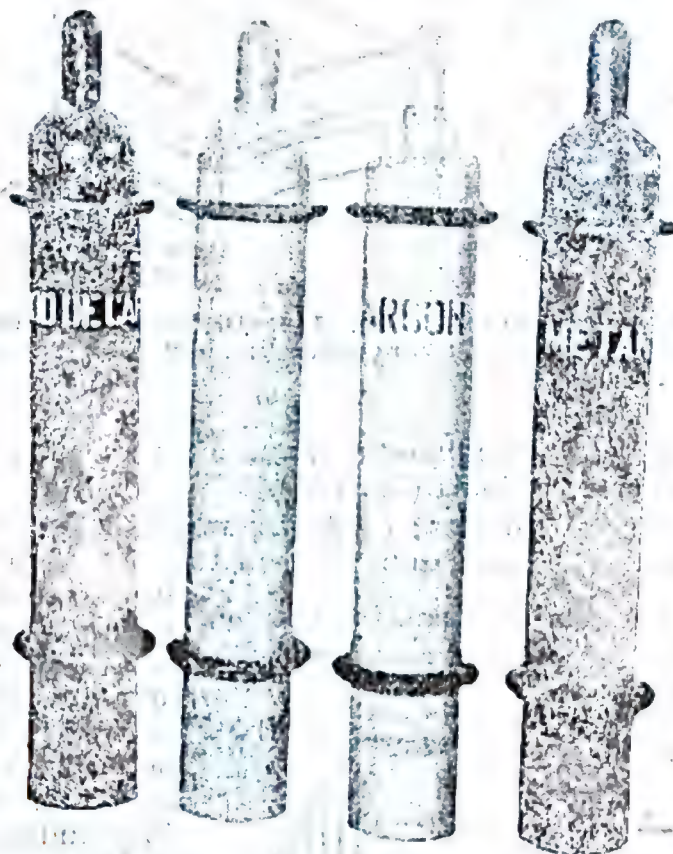


Fig. 19.1. Recipiente-butelii.

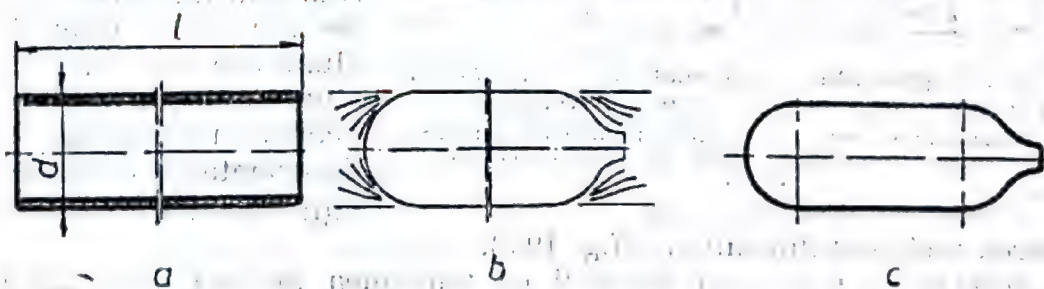


Fig. 19.2. Deformarea plastică (ogivarea) a țevii pentru obținerea recipientelor-butelii:

a — țeava debitată la lungimea l , tehnologică; b — deformarea progresivă (ogivarea) a fundului și gîtului; c — recipientul-butelie în forma finală.

care apare în zona suprafeței deasupra căreia ea se mișcă. Se remarcă importanța acestui aspect, nu numai pentru a explica alunecarea cristalelor, ci, în același timp, corelarea și interdependența deformării plastice de limita de curgere, fluaj, oboseală și rupere fragilă.

Configurația de ogivă a fundului și capului (gîtului) recipientului-buteliei, arătată în fig. 19.3, confirmă ipoteza tehnologiei de fabrica-



Fig. 19.3. Fundul și capul (gîtului) recipientului-buteliei:
a — vedere; b — secțiune.

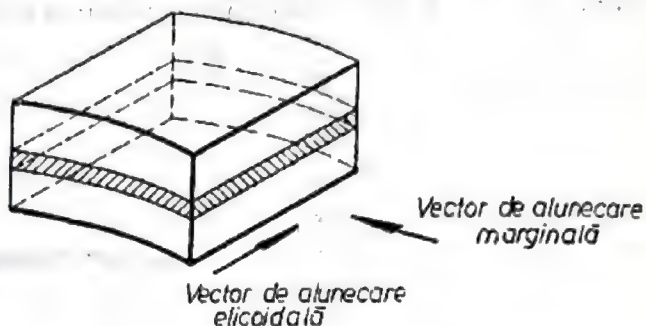


Fig. 19.4. Dislocația elicoidal-marginală la ogivarea fundului și capului (gîtului) buteliei.

ție aplicată și anume o combinație simultană proporțională cu rezultat o dislocație elicoidal-marginală (fig. 19.4).

Din figura 19.4 se constată că deformarea plastică prin ogivare reprezintă o alunecare a unor zone din cristal, una peste cealaltă, de-a

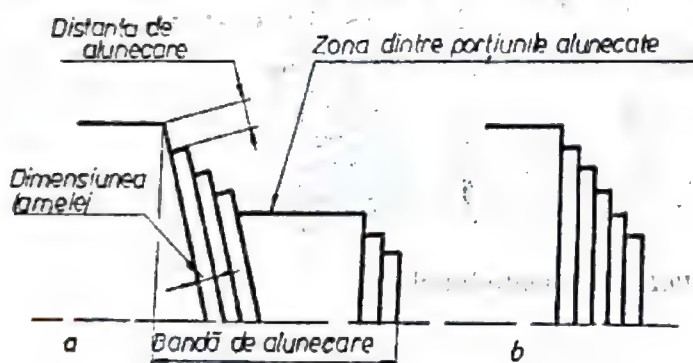


Fig. 19.5. Reprezentarea schematică a deformăției elicoidal-marginale (secțiune transversală):

a — deformare corectă cu tensiuni remanente minime;
b — deformare necorespunzătoare cu tensiuni remanente mari.

ogivarea recipientului-buteliei (fig. 19.5).

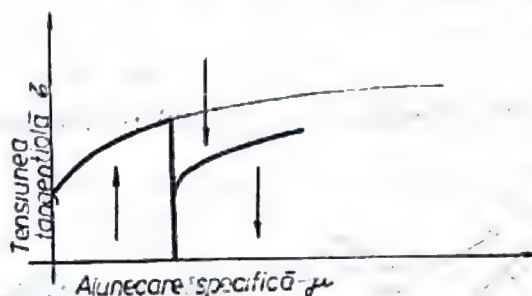
Aceasta se datorează faptului că tensiunea inversă, dezvoltată ca rezultat al îngrămădirii dislocațiilor la bariere, în timpul primului ciclu de încărcare, ajută deplasarea dislocațiilor, atunci când sensul de alunecare se schimbă. Mai mult, atunci când sensul de alunecare este

lungul unor plane cristalografice, atunci când tensiunea tangențială atinge o anumită valoare critică dependentă de temperatura de încălzire. Structura fină a liniilor de alunecare a fost studiată la grosimi foarte mari, cu ajutorul microscopului electronic. Numărul limitat de sisteme de alunecare (planul de alunecare + direcția de alunecare) este motivul dependenței accentuate față de orientarea deformabilității elicoidal-marginale la

schimbat, se creează dislocații de semn opus de către aceleași surse care au produs dislocațiile ce au determinat deformarea prin alunecare în sensul inițial.

Deoarece dislocațiile de semn opus se atrag și se anihilează una pe cealaltă, efectul global este o „înmuieră” a rețelei (v. fig. 19.2, b); aceasta explică faptul că forma curbei de curgere în sens invers se găsește sub curba de curgere corespunzătoare sensului inițial (fig. 19.6):

Fig. 19.6. Efectul schimbării sensului de aplicare a forței asupra curbei $\tau-\gamma$ la deformarea elicoidal-marginală.



Această curbă $\tau-\gamma$ explică distribuția tensiunilor în pereții fundului și capului (gîtului) recipientului-butelie, determinate de tehnologia aplicată la ogivare.

3. Calculul de rezistență

În recipientul-butelie, presiunea fluidului se exercită de obicei uniform pe suprafața interioară, iar presiunea produsă de greutatea proprie a fluidului este proporțională cu înălțimea L^* (fig. 7). Presiunea interioară produce, în pereții recipientului, tensiuni dispersate după un anumit spectru de solicitare, care dezvoltă tensiuni de tracțiune, repartizate uniform pe grosimea peretelui.

Deoarece la § 19.2 al lucrării s-a prezentat că recipientul-butelie este monobloc, fără sudare în fund (fig. 19.7) calculul grosimii peretilor se face astfel încît la valoarea presiunii de încercare hidraulică, solicitarea materialului în orice punct să nu depășească 75% din valoarea limitei de curgere garantată pentru marca de calitate a oțelului utilizat.

În ipoteza că recipientul este supus unei presiuni interioare p , se separă un

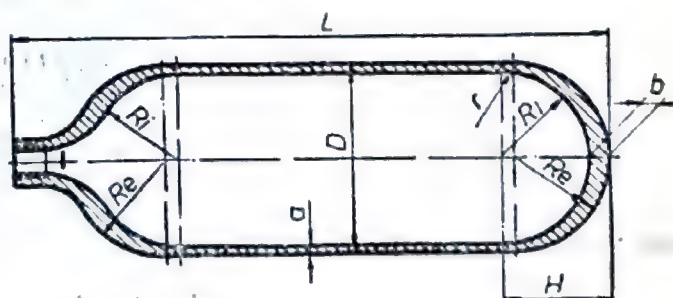


Fig. 19.7. Secțiune transversală prin recipient-butelie monobloc fără sudare.

* Dacă poziția recipientului este verticală.

element infinitesimal a, b, c, d de laturi ds_1 și ds_2 , cuprins de curbele meridiene M_1 și M_2 și cercurile paralele φ_1 și φ_2 (fig. 19.8).

Rezultanta forțelor de pe secțiunile elementului este normală pe acesta și tinde să echilibreze efectul presiunii normale ce acționează pe element:

$$\sigma_1 \cdot e \cdot ds_1 \cdot ds_2 / \varphi_1 + \sigma_2 \cdot e \cdot ds_1 \cdot ds_2 / \varphi_2 = p \cdot ds_1 \cdot ds_2 \quad (1)$$

Fig. 19.8. Secțiune prin fundul recipientului-butelie.

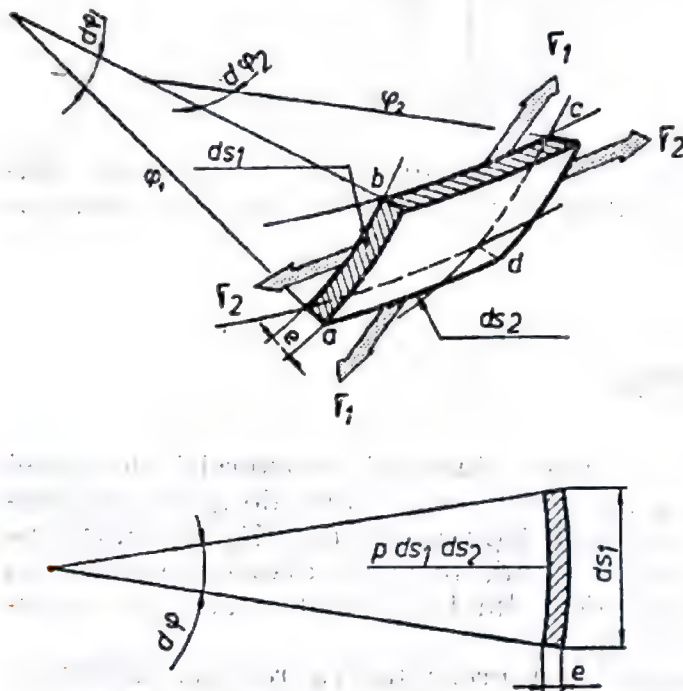
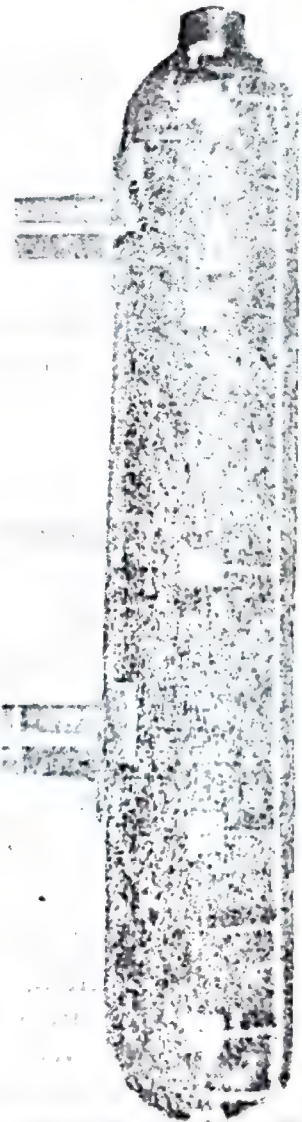


Fig. 19.9. Dispunerea traductorilor electrorezistivi pe recipientul-butelie.



sau sub formă simplificată:

$$\sigma_1 / \varphi_2 + \sigma_2 / \varphi_1 = p \quad (2)$$

Tensiunile secționale paralele și meridionale se exprimă sub formă:

$$N_1 = \sigma_1 \cdot e; N_2 = \sigma_2 \cdot e \quad (3)$$

4. Distribuția tensiunilor

Pe baza acestor considerente, utilizând metodele pentru determinarea experimentală a tensiunilor, s-a stabilit, plecând de la date cunoscute (presiunea de încercare hidraulică, grosimea minimă a țevii, raza exterioară și interioară (R_e , R_i), configurația optimizată a fundului și capului (gîtului) buteliei.

Stabilirea grosimii fundului s-a făcut tocmai în scopul obținerii unei repartiții convenabile (acoperitoare) a tensiunilor în zona de racordare a părții convexe (gît-cap, fund) la partea cilindrică; orice creștere a grosimii fiind proporțională progresivă de la punctul de racordare (v. fig. 19.7, corelată cu fig. 19.5 și 19.6).

Utilizând marca de oțel 31Mn12V, cu tehnologia de la § 19.2, s-a obținut recipientul-butelie monobloc fără sudură la fund. Măsurarea grosimii efective a pereților s-a făcut prin metoda transparenței ultrasonice.

Recipientul a fost testat hidraulic pînă la presiunea de 500 bar în scopul urmăririi modului de comportare, a determinării deformațiilor specifice ce apar la presiuni crescătoare, precum și dispunerea acestora în diferite secțiuni. S-a urmărit starea de tensiune la presiunea de 150 bar, ca presiune nominală de lucru și la 225 bar, ca presiune de încercare, la temperatura de $+60^{\circ}\text{C}$ și -40°C , utilizînd tensometria electrică rezistivă (fig. 19.9).

Măsurătorile efectuate arată că distribuția tensiunilor pe fundul și capul (gîtul) recipientului determină un coeficient de siguranță de 1,97 la 150 bar și 1,53 la 225 bar.

Determinarea tensiunilor pe fundul și capul (gîtul) buteliei a fost dublată prin folosirea metodei fotoelasticității prin reflexie, care a evidențiat comportarea corespunzătoare a mării de oțel aleasă, a procesului tehnologic de fabricație și a tratamentului termic de relaxare (detensionare) (fig. 19.10).

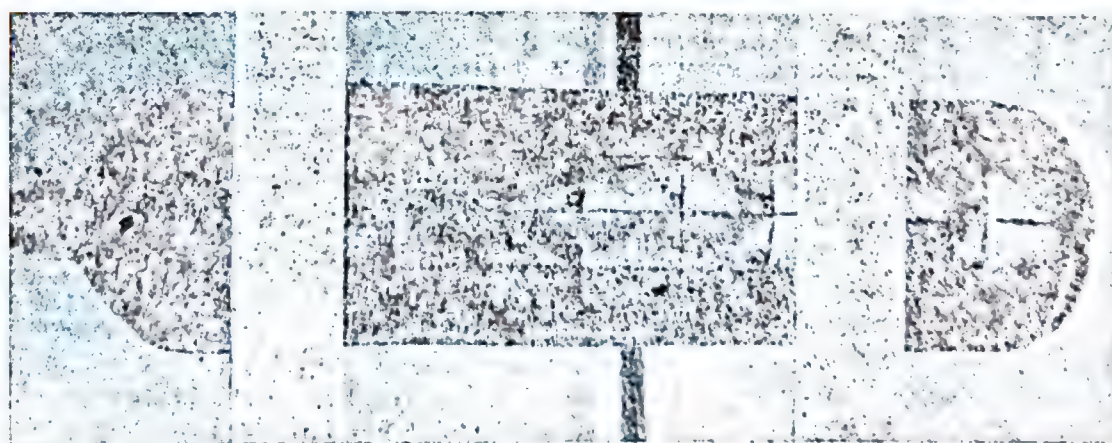


Fig. 19.10. Măsurarea dispersiei tensiunilor în corpul recipientului-butelie prin metoda fotoelasticității prin reflexie.

Prin măsurători repetate ale distribuției tensiunilor, utilizând tensometria electrică rezistivă și fotoelasticitatea prin reflexie, s-a determinat forma optimă a fundului și capului (gîtului) recipientului-butelie, determinînd prin aceasta o utilizare rațională a materialului în condiții depline de securitate în exploatare.

Din cercetările efectuate rezultă că grosimea b (v. fig. 19.7) în centrul fundului trebuie să satisfacă următoarele condiții, atunci cînd raza de racordare r este mai mare sau egală cu $0,075 D$, adică:

$$b \geq 1,5 a \text{ pentru } H/D \geq 0,2; \quad (4)$$

$$b \geq a \text{ pentru } H/D \geq 0,4. \quad (5)$$

5. Concluzii

Pe baza acestor încercări s-a îmbunătățit coeficientul de formă al fundului și capului (gîtului) buteliei, ca parametru dependent de raportul H/D al țevii.

Sub această formă, dimensionarea recipientelor-butelii se va face în condiții de confidență practică față de considerentele teoretice și experimentările din laborator, modificînd prescripțiile oficiale actuale de proiectarea, execuția și controlul recipientelor-butelii, pe baza contribuției adusă în prezenta lucrare.

Se menționează că începînd cu anul 1985 se execută în producție de serie recipiente-butelii cu forma optimizată rezultată din această lucrare.

BIBLIOGRAFIE

1. MOCANU, D. R. *Rezistența materialelor*. București, Editura Tehnică, 1980.
2. MOCANU, D. R. *Analiza experimentală a tensiunilor*. București, Editura Tehnică, 1976.
3. IOSIPESCU, N. *Introducere în fotoelasticitate*. Vol. I și II. București, Editura Tehnică, 1960.
4. VISHAY Bulletin SFC-300

Prof. dr. ing. Vitalie Belous

Institutul Politehnic Iași

Inventica modernă este concepută ca o știință și artă a creației tehnice, știință în măsura în care procesul creativ este transferat gândirii convergente, algoritmicului, logicului, combinatoricii și artă, în măsura în care rămâne și se manifestă eficient în sfera gândirii divergente, a euristicului, a conlucrării dintre conștient și subconștient, a abilității alternării și combinării folosirii metodelor și tehnicilor logice cu cele intuitive, a gândirii convergente cu cea divergentă, a algoritmicului cu euristicul, a deducției cu inducția, a analizei cu sinteza.

Situată la confluența dintre sociologie, psihologie, logică, tehnologie, economie, organizare, estetică și drept industrial, inventica, în aceeași măsură ca și ingineria valorii sau proiectarea creativă, are drept scop fundamental, îmbinarea creatoare a cunoștințelor polivalente ale inventatorului, pentru realizarea în condiții restrictive determinate, a unor soluții caracterizate prin maxim de funcțional și minim de costuri.

Pornind de la premiza că o adevărată creație tehnică se încheie cu larga sa valorificare industrială, inventica în noua sa versiune ieșeană, este concepută în egală măsură, ca o știință și artă a parcurgerii optime a anevoiosului drum de la sinteza informațiilor asupra stadiului actual al tehnicii, de la critica științifică a acestuia și formularea logică a temei de creație, până la implementarea eficientă a creației tehnice obținute în producție.

Studiind cauzele sterilității tehnice de ordin *psihologic* (inertă psihologică, rigiditatea funcțională, frica de critică și autocritică, descurajarea și autodescurajarea, influența inhibantă a autorităților în domeniu etc.) de ordin *gnoseologic* (necunoașterea procesului de creație tehnică, dezvoltarea insuficientă a metodelor euristice și logice de creație, lipsa de informații, supraspecializarea incorect structurată, necunoașterea legislației protecției industriale și a tehnicii redactării descrierilor de invenții, necunoașterea reglementărilor privind implementarea industrială etc.) de ordin *educațional-pedagogic* (prezentarea fixistă a stadiului actual al tehnicii, lipsa deschiderilor spre nou, lipsa calităților moral-volitive, insuficiența motivației etc.) de ordin *tehnico-organizatoric* (posibilități reduse ale inventatorilor de a-și conduce prin mijloace proprii ideile în faze cât mai înaintate de valorificare, prin realizarea,

experimentarea și optimizarea prototipurilor și tehnologiilor) și de ordin psiho-social, inventica reprezintă în același timp, *știința și arta depășirii acestor obstacole*.

Rezultă că problematica inventicii moderne este mult mai cuprinzătoare decât cea din cunoscuta lucrare *L'Invention*, aparținând lui A. Kaufman, M. Fustier și N. Drevét, consacrată în primul rând și aproape în exclusivitate, științei căutării de noi soluții, bazată preponderent pe combinatorică. Astfel concepută, inventica poate fi considerată ca făcând parte integrantă dintr-o disciplină, cu conținut mai larg, denumită creatologie, care reprezintă știința și arta creației în general. În accepțiunea sa modernă, inventica nu este integral cuprinsă în creatologie, dar este profund interferată cu aceasta.

1. Locul inventicii în ansamblul științelor

Folosindu-se principiul lui Kedrov de clasificare a științelor prin ordonarea acestora după complexitatea obiectului de studiu și a legilor specifice, în conformitate cu care, științele naturii, societății și gândirii sînt amplasate paralel cu științele aplicativ-tehnice, inventica în calitate de știință de confluență, este comod să fie amplasată în centrul unei clasificări circular-radiale, în care pe o jumătate de cerc (fig. 20.1)

sînt amplasate științele naturii, societății și gândirii, iar pe cea opusă, cele cu caracter tehnico-aplicativ.

Proiectantul creativ — inventatorul, avînd permanent în față obiectivul general al ingineriei valorii, obținerea de maxim funcțional cu minim de costuri, trebuie să fie, un om de largă cultură științifică, tehnică, economică și chiar filozofică-umanistă.

Numai o amplă pregătire în științele tehnice generale, hidraulică, termotehnică, teoria elasticității și plasticității și rezistența materialelor, organe de mașini și mecanisme, îi poate permite și-i conferă siguranța în atacarea și rezolvarea în fondul lor a pro-

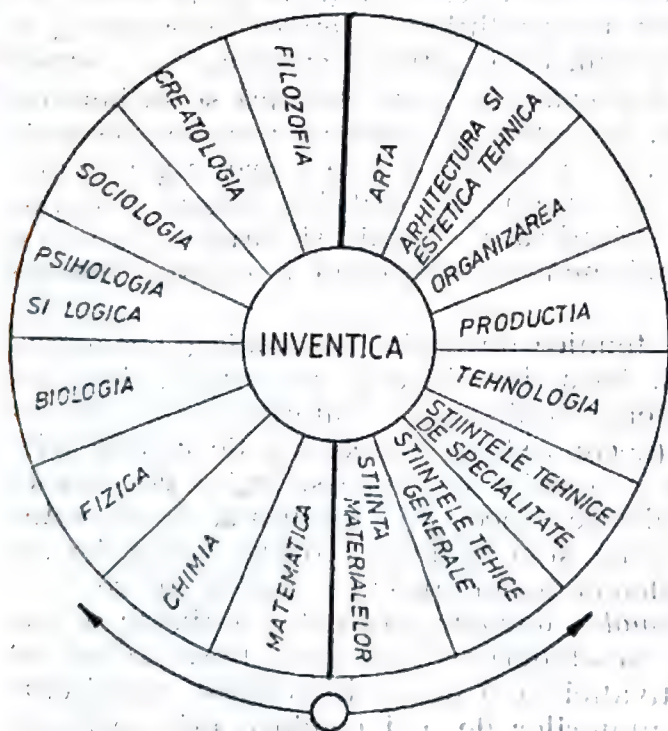


Fig. 20.1.

blemelor de creație tehnică. La rîndul lor, științele tehnice de specialitate, de motoare, mașini-unelte, dispozitive, scule, instalații, mașini-agricole, mașini de prelucrat prin deformare, îl fac specialist în domeniu, îl asigură cu mulțimea elementelor cu care să opereze în procesul combinatoric-asociativ-extrapolativ al creației tehnice și-i permit să parcurgă cu succes fazele logice ale procesului inventiv, analiza și sinteza informațiilor și în special analiza inginerască și evoluția soluțiilor proprii.

Foarte important pentru inventică este faptul că pregătirea fundamentală și cea tehnică generală îl feresc pe inventatorul specialist de inerția psihologică și îi conferă o accentuată flexibilitate a gândirii, în timp ce pregătirea de specialitate, dacă este subordonată unor sisteme tradiționale închise de prezentare, poate accentua inerția psihologică, conducînd la rigiditatea gândirii, la sterilitate.

Unul dintre atributele de bază ale oricărei invenții este fezabilitatea-tehnologicitatea, capacitatea acesteia de a putea fi realizată cu mijloace relativ simple și ieftin. Pentru aceasta, inventatorul trebuie să fie un bun tehnolog, să cunoască tehnologiile, procesele și utilajele productive specifice domeniului în care lucrează, să cunoască producția industrială, principiile organizării, desfacerii și ale marketingului.

Pe de altă parte, activitatea creatoare a inventatorului se desfășoară în anumite conjuncturi economice (ale întreprinderii, departamentului, ministerului, naționale și mondiale) psihologice, sociale, politice, dominate de anumite concepții filozofice.

În fine, inventatorul, desfășurîndu-și activitatea între oameni, în societate, trebuie să fie cultivat și în domeniul umanistic-artistic, al arhitecturii, esteticii industriale și al artei. Să nu se uite nici o clipă că estetica este unul dintre atributele de bază ale oricărui produs. Știința folosirii raționale și eficiente a ansamblului acestor cunoștințe în activitatea de concepție îl reprezintă proiectarea creativă, profund interferată cu inventica.

2. Inventica și proiectarea creativă

După John Dixon [1] *obiectul proiectării creative este realizarea în condițiile restrictive determinate de metodologia rezolvării, a unui element, sistem sau proces, care asigură rezolvarea optimală a problemei date, în condiții restrictive impuse însăși soluției.*

Condițiile restrictive ale metodologiei rezolvării se referă la timpul material afectat, la volumul cunoștințelor inventatorului, la utilajele de laborator și pentru realizarea prototipurilor, la tehnica de calcul etc.

Condițiile restrictive ale însăși obiectului creației, ale soluției, se referă la cele fizice, la materialele impuse, la tehnologiile și utilajele producției de serie existente, la preciziile de execuție posibile etc.

După John Dixon proiectarea creativă are trei părți de bază:

- generarea soluțiilor;
- analiza inginerescă;
- luarea deciziilor.

Inventica, în calitate de știință și artă a creației tehnice, așa cum s-a arătat mai înainte, cuprinde și aceste părți, dar într-o cu totul altă proporție. Dacă în manualele de proiectare creativă partea 1, generarea soluțiilor nu reprezintă decât 10% din volumul total, insistându-se pe analiza inginerescă și pe luarea deciziilor, într-un manual de inventică, proporția primei părți depășește 50%, acordându-se totuși importanță și analizei ingineresti și luării deciziilor, de care inventica nu poate fi despărțită și completându-se cu capitole referitoare la tehnica elaborării descrierilor de invenții, la legislația brevetării, a protecției proprietății industriale și a implementării industriale a progresului tehnic, la principiile tactice și strategice ale acțiunii inventatorului.

În cazul *proiectării creative* fazele dominante sînt cele de sinteză inginerescă, de creație a unor soluții constructiv-funcționale-tehnologice superioare celor cunoscute pe plan mondial.

În acest scop, diferențierile dintre proiectarea creativă și cea reproductivă, încep din fazele de analiză și de sistematizare a informațiilor.

Aceste faze sînt diferențiate prin scopul pe care-l urmăresc; dacă la proiectarea reproductivă, analiza inginerescă a soluțiilor noi existente pe plan mondial are drept scop stabilirea celei optime și formularea pe această bază a temei de proiectare-reproiectare, în cazul proiectării creative-ingineresti, analiza inginerescă are drept scop principal evidențierea lipsurilor generale ale stadiului tehnicii din domeniu, în vederea formulării temei de creație tehnică, prin care să se elimine aceste lipsuri (fig. 20.2).

Pentru pregătirea fazelor de creație tehnică, specifice proiectării ingineresti, analiza inginerescă a soluțiilor existente este asociată cu elaborarea diagramei, a matricilor morfologice și a obiectului generalizat al creației tehnice, surse importante pentru realizarea de noi combinații de parametri.

În continuare, proiectantul de concepție, utilizînd metodele și tehnicile de elaborare a ideilor, realizează noua soluție, pe care o supune apoi analizei ingineresti. Cu cît mai radicală este noua soluție, cu atît se simte mai acut nevoia de realizare prealabilă a unui model funcțional în vederea adoptării deciziei. În ipoteza unei concluzii favorabile a analizei ingineresti și în urma experimentării modelului, se formulează tema de proiectare și se trece la proiectarea propriu-zisă, după un flux asemănător celui din cazul proiectării reproductive.

Literatura de specialitate din domeniul proiectării creative a fost marcată în ultimii ani de lucrări valoroase cum sînt cele referitoare la metodologia generală și tehnicile proiectării creative, ale sintezei ingineresti, datorate lui John Dixon [1] Percy Hill [2], L. W. Crum [3], H. R. Buhl [4], P. H. Edel Jr. [5], J. B. Gibson [6], E. W. Krick [7], W. N. Middendorf [8], J. R. Alger și C. V. Hays [9], P. H. Roc, G. N. Soulis și V. K. Handa [10], precum și cele referitoare la tehnicile logice-deductive de crea-

ție datorate lui A. Kaufman, M. Fustier și N. Drevét [11] sau la metodele și tehnicile intuitive de creație elaborate de Alex Osborn [12] sau W. I. Gordon [13], precum și recenta lucrare a lui Pierre Verone „Inventica” [21].

Pe baza acestor lucrări și a experienței proprii de peste 25 ani ale autorului, în domeniul creației tehnice și proiectării creative, [14... 19],

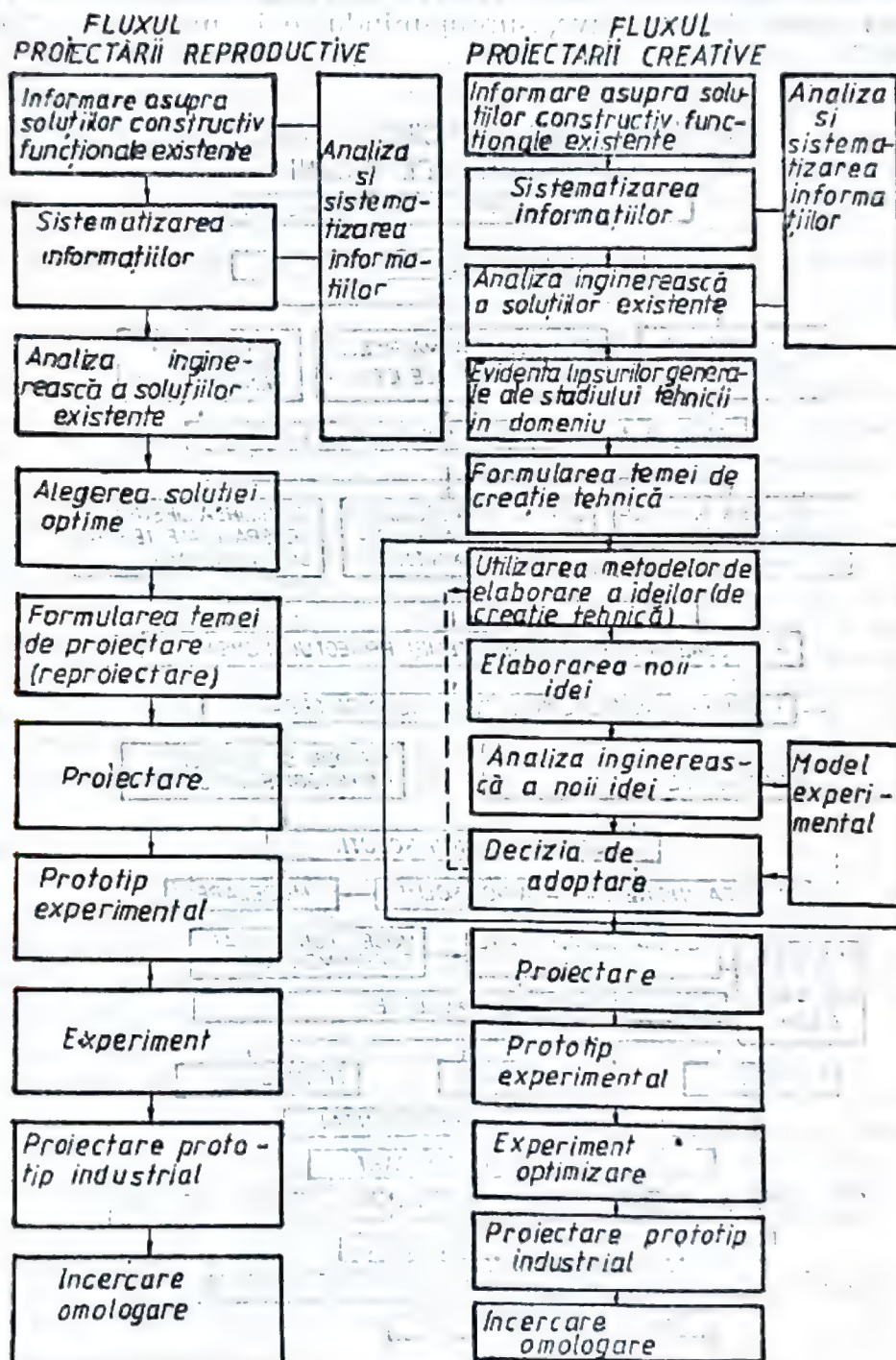


Fig. 20.2.

[22...29], s-a elaborat o tehnologie tip pentru sinteza creativă a sculelor așchietoare [20]. Experimentarea cu bune rezultate a acestei tehnologii în formarea inginerilor de concepție, a permis prin extindere, elaborarea unui flux general al proiectării creative în construcția de mașini, reprezentat în fig. 20.3 [22, 23].

Inventica reprezintă știința și arta parcurgerii optimale a fluxului general al proiectării creative, suprapunându-se în mare măsură cu teoria proiectării creative.

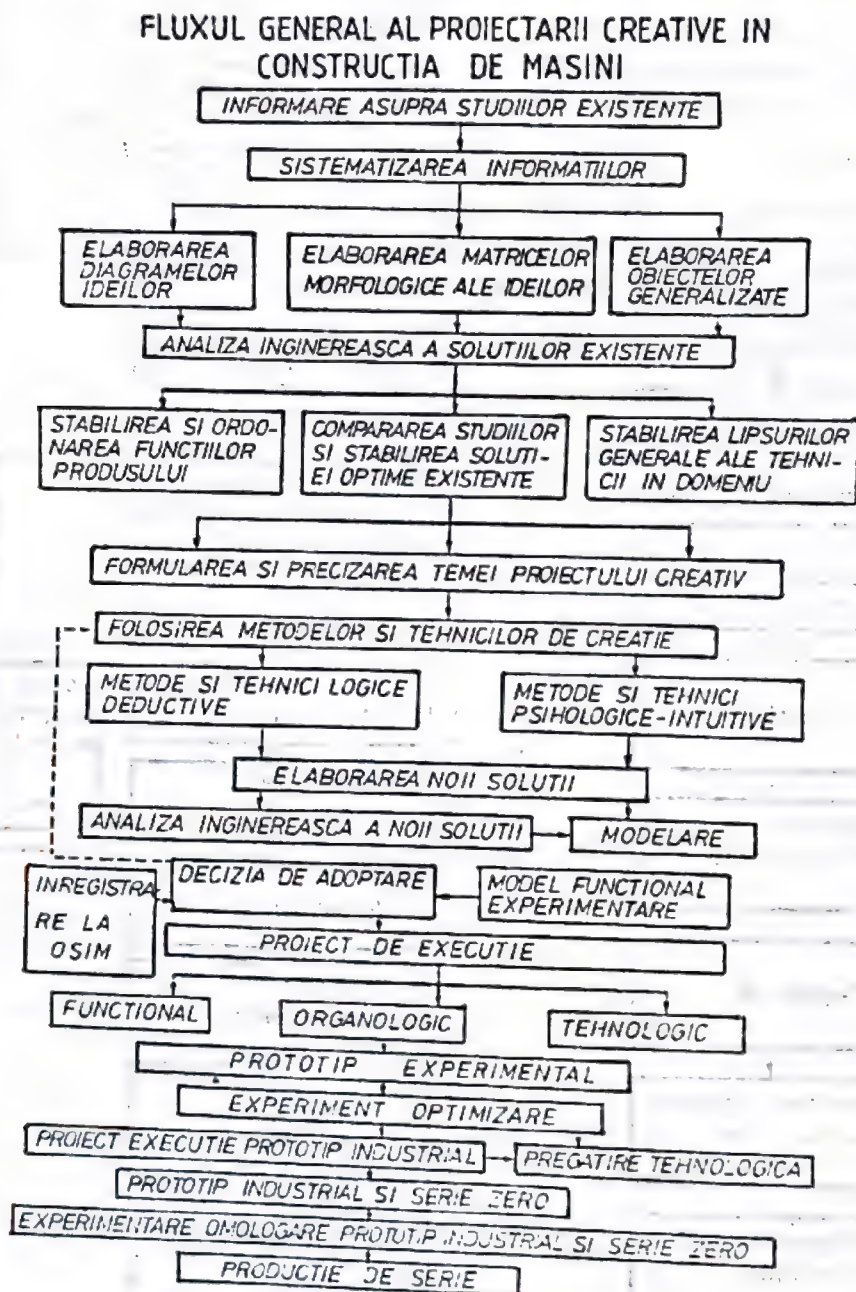


Fig. 20.3.

3. Inventica și proiectarea optimală

Procesul în care se maximizează caracteristica calitativă a proprietăților dorite ale obiectului sau se minimizează caracteristica calitativă a proprietăților nedorite ale acestuia poartă denumirea de optimizare, iar partea din matematici destinată studiului maximelor și minimelor, precum și determinării cantitative ale acestora a căpătat denumirea de teoria optimizării [30]. În consecință, proiectarea optimală se poate defini ca un proces de optimizare a funcțiilor utilizate în problemele de proiectare tehnică. Cu alte cuvinte, obiectivul de bază al proiectării optimale este realizarea de obiecte tehnice cu funcții optimizate-extremizate și coincide cu obiectivul general al inventicii și cel al ingineriei valorii. Proiectarea optimală se suprapune în mare măsură cu logica proiectării creative, a cărei pondere în traseul general al inventicii se află într-o viguroasă expansiune. Este evident, că în procesele de creație tehnică predomină optimizarea globală, a cărei obiectiv este găsirea ansamblului parametrilor care satisfac maximal ansamblul funcțiilor scop, în condițiile existenței unor restricții funcționale și a unor restricții spațiale. Dacă prin aceste căutări se obțin numai *valori optime ale parametrilor*, procesul de optimizare nu reprezintă propriu-zis, un proces creativ, întrucât valorile, mărimile, unor parametri ai obiectelor tehnice nu pot servi drept revendicări în descrierile de invenții.

În această ipostază, teoria optimizării prezintă importanță numai într-o etapă înaintată a procesului creativ în tehnică — în etapa încercării și optimizării prototipului invenției, a optimizării cantitative a subansamblurilor, a elementelor componente, etapă de maximă importanță pentru punerea integrală în valoare a noii soluții. Multe invenții se pierd nejustificat tocmai datorită faptului că nu se insistă suficient pentru punerea la punct a acestora, etapă în care optimizarea de amănunt joacă rolul de bază.

Dar teoria optimizării poate conduce nu numai la optimizări de amănunt, ci și la optimizări structurale; este suficient de amintit două cunoscute metode de optimizare — metoda programării dinamice și optimizarea prin calcul variațional [11, 30 ... 32], a căror scop este găsirea, nu a unor valori optime, ci a unor *structuri și legi optime*, obiective care integrate tehnicii, constituie noi soluții brevetabile.

În mod firesc, se naște întrebarea dacă este posibilă inventarea matematică în tehnică, a cărei răspuns este categoric afirmativ în condițiile în care este formulată precis — matematic tema de creație. Iată câteva formulări posibile, postume, de revendicări de invenții ale matematicienilor și filozofilor, în conformitate cu legislația actuală internațională privind proprietatea industrială:

— Șosea între două localități, caracterizată prin aceea că, în scopul realizării unei lungimi minime, cu minim de consum de materiale și posibilități de parcurgere în cel mai scurt timp a acesteia, are o formă rectilinie a axei longitudinale (axioma lui Euclid, cunoscută și vechilor geometri egipteni).

— Jgheab de alimentare gravitațională între două puncte cu diferență de nivel și aflate pe verticale diferite, caracterizat prin aceea că, în scopul parcurgerii în cel mai scurt timp a acestuia de către o sarcină în formă de bilă, constă dintr-un profil de brahistocronă în plan vertical (J. Bernoulli 1696) [31].

— Conductă, caracterizată prin aceea că, în scopul realizării unui volum și debit maxim de lichid, cu minim de consum de materiale, are o formă cilindrică circulară (Zenodoros, anul —180 și posibil, mult înaintea sa).

— Rezervor cilindric, caracterizat prin aceea că, în scopul realizării unei capacități maxime în condițiile unei suprafețe totale minime, are lungimea egală cu diametrul.

— Dinte de sculă așchietoare, caracterizat prin aceea că, în scopul asigurării unui unghi de așezare constant după reascuțiri, este prevăzut cu o suprafață de așezare având în plan frontal o formă de spirală logaritmică.

Revendicările de genul celor formulate mai înainte se pot obține astăzi direct, prin găsirea funcției care optimizează funcționala, pe baza calculului variațional [30], [31].

Dar la soluții brevetabile se poate ajunge și prin optimizări de structură, prin găsirea de noi asamblări, folosind metodele și tehnicile de cercetare morfologică. Una dintre cele mai cunoscute este cercetarea morfologică prin divizarea pe submorfologii, ponderată, selectivă, a cărei parte fundamentală o reprezintă principiul de optimizare Bellman din programarea dinamică [11].

În consecință, pe traseul invenției, inventatorul este confruntat cu teoria optimizării și proiectarea optimală în două etape fundamentale:

— în etapa de creație propriu-zisă a soluției tehnice, dacă apelează la metoda de optimizare structurală, la programarea dinamică sau la optimizarea funcțiilor, caracteristice ale obiectului creației prin calcul variațional;

— în etapa de desăvârșire a creației proprii, de punere la punct, de experimentare și optimizare organologică, de amănunt, a acesteia.

Optimizarea de fond, funcțională, structurală, obținută direct din procesul creativ, trebuie adâncită prin optimizarea cantitativă de amănunt. Optimizarea funcțională, pentru a putea fi pusă în adevărata sa valoare, trebuie întregită prin optimizarea organologică. O soluție originală, dacă încă de la primele încercări pe model, egalează performanțele soluțiilor reprezentative precedente, va ajunge, în mod sigur, în urma optimizării de amănunt, să le depășească substanțial pe primele, devenind un super-produs.

Teoria optimizării, ca sursă logică și directă de soluții tehnice originale-brevetabile, apare prin urmare, numai în problemele tehnice de restructurare, în acele probleme care se pretează la concasări și reasamblări creative, precum și în acele probleme tehnice în care un atribut sau o funcție a produsului devin perfect modelabile prin funcționale scop, cuprinzând în structură funcția (curba, traiectoria, racordarea, forma, suprafața, volumul etc.) de optimizat.

4. Inventica și creatologia

Creatologia, ca știință și artă a creației în general, cuprinde în structura sa inventica, dar numai în măsura în care aceasta din urmă se rezumă la o știință și artă a creației tehnice. Dar așa cum s-a arătat mai înainte, conceptul modern de inventică are o sferă mult mai largă, care nu se suprapune decât parțial cu sfera creatologiei (fig. 4).

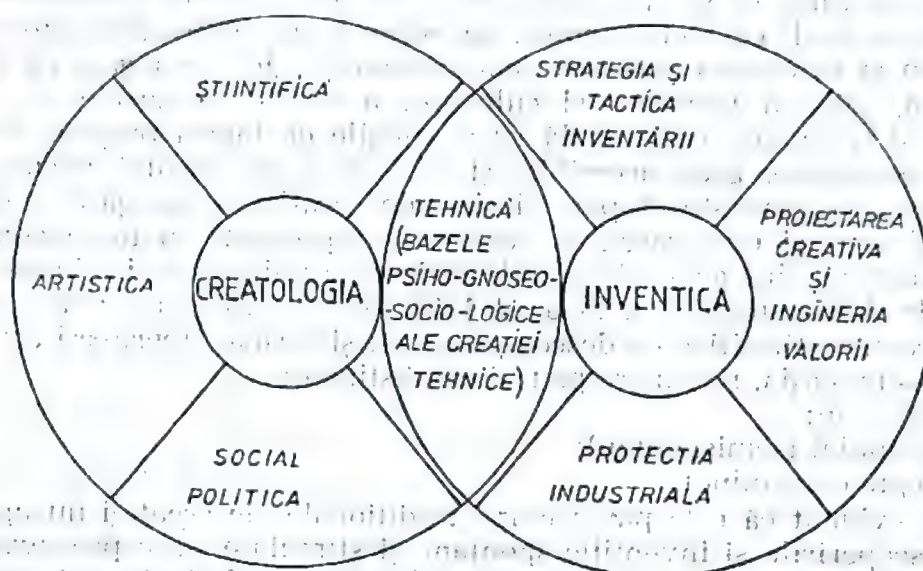


Fig. 20.4.

Un curs de inventică, așa cum a început să fie predat în câteva unități de învățământ tehnic superior din România sub denumirea de „Bazele creației tehnice și ale protecției industriale”, presupune prezentarea unor capitole referitoare la bazele psihognoseologice ale creației tehnice, la etapele creației tehnice, la bazele logice-combinatorice ale creației, la tehnicile și metodele intuitive și logice de creație, la informarea și sinteza critică a informațiilor și elaborarea logică a temelor de creație, la analiza inginerască a noilor soluții, la optimizarea în procesul creativ, la sinteza optimală a formei și structurii materiale, la elemente de strategie și tactică inventării, la metodologia generală și actele normative ale implementării industriale, la legislația protecției industriale, la tehnica elaborării descrierilor de invenții, la analize de cazuri specifice de procese inventive.

Trăsătura comună, care justifică parțial axioma „Procesul creativ este același în toate domeniile” este dată pe de o parte de cei opt factori intelectuali comuni de creativitate sesizați de J. P. Guilford, V. Löwenfeld și K. Beitel [33], (1 — sensibilitatea față de probleme, 2 — fluentă-asociativitatea, 3 — flexibilitatea, 4 — originalitatea, aptitudinea de a redefini-restructura-transforma, 5 — capacitatea analitică, 6 — aptitudinea de a abstractiza, 7 — aptitudinea de a sintetiza, 8 — organizare-coerență),

iar pe de altă parte, prin concepția psihoconsonantistă și logicorezonantistă a marelui gânditor român Ștefan Odobleja, în conformitate cu care, *toate procesele creative sînt procese de căutare a rezonanțelor, rezonanța constituind simultan, atît obiectivul creației, cît și motorul acesteia*.

Diferențierile se referă, în primul rînd, la natura rezonanțelor căutate; în acest sens, în creația artistică rezonanța dominantă este cea intelectual-emoțională, în cea sociopolitică, rezonanța psihosocială, iar în tehnică, rezonanța constructiv-funcțional-tehnologică.

Este adevărat că și în creația tehnică apar rezonanțe emoționale, dar numai secvențial, ca factor motor, ca euremă energetic-stimulatorie [36], după cum și în creația artistică apar consonanțe logice, legate de limbaj, gramatică, tehnica formelor și culorilor, a notelor muzicale etc., după cum însăși rezonanța emoțională își are legile ei, logica proprie, deosebit însă de complexe, greu accesibile și încă în mare măsură necunoscute.

În ceea ce privește etapele clasice ale creației — pregătirea incubăția, iluminarea și elaborarea — acestea sînt prezente în toate domeniile creației, dar nu sînt general valabile în creația științifică și tehnică, lucru sesizat de J. Rossman încă în anul 1931. Într-adevăr, atît forma superioară a creației științifice — descoperirea, cît și forma superioară a creației tehnice — invenția, pot apare pe trei căi distincte:

- spontan;
- stimulat (semispontan);
- logic determinat.

Este evident că cele patru etape tradiționale ale creației nu apar decît la descoperirile și invențiile spontane și stimulate, care presupun conlucrarea eficientă dintre conștient și subconștient și nu se pot evidenția în descoperirile și invențiile logic determinate, care au o desfășurare practică numai la nivelul conștientului.

Se constată de asemenea, că în creația tehnică există de fapt un dublu proces de inventare:

- inventarea temei;
- inventarea soluției,

căutîndu-se rezonanța dintre soluție și temă.

După cum s-a arătat într-o recentă lucrare [27], inventarea temei poate fi realizată pe cale logică, folosindu-se sinteza critică a informațiilor, diagramele de idei, matricile morfologice de idei, obiectele generalizate ale creației, analiza critică multicriterială prin tehnica deciziei impuse din ingineria valorii, a stadiului actual al tehnicii, depistarea deficiențelor de bază, a direcțiilor posibile de dezvoltare și formularea precisă pe această bază, a temei de creație.

În virtutea adevărului cunoscut că o problemă corect formulată este pe jumătate rezolvată, cel de al doilea proces de inventare, sintetizarea noii soluții care să fie rezonantă cu tema, este mult ușurat, mai ales dacă și aici se folosesc tehnicile și metodele logice-combinatorice-extrapolative de creație. Deocamdată, în celelalte domenii ale creatologiei astfel de tehnologii de creație nu sînt posibile.

Din cele arătate mai înainte, se constată că inventica, în calitatea sa de disciplină polivalentă, profund interferată cu creatologia, proiectarea

creativă, proiectarea optimală și ingineria valorii, este un domeniu în plină afirmare, fiind direcționată în sensul logicizării-scientizării, domeniu în care trebuie să-și aducă contribuția atât psihologii și logicienii de profesie, cât și oamenii de știință din domeniul tehnic, precum și inventatorii performanți, lucru care a rezultat pregnant și din primele două simpozioane naționale, de la Bușteni (1983 și 1985) privind perspectiva pluridisciplinară a creativității și din desfășurarea primului simpozion național de inventivă de la Iași. (1984).

BIBLIOGRAFIE

1. DIXON R. JOHN *Design Engineering. Inventiveness, Analysis and Decision Making*. Mc. Graw Hill Book Co 1966. Traducere în limba rusă, Mir, Moscova, 1969.
2. HILL M. PERCY *The Science of Engineering Design*. Holt, Rinehart and Winston Inc. New York, 1970. Traducere în limba rusă, Mir, Moscova, 1963.
3. CRUM, L. W. *Ingineria valorii*. București, Editura Tehnică, 1976.
4. BUHL, N. R. *Creative Engineering Design*. Ames, Iowa, The Iowa state University Press, 1960.
5. EDEL, D. H. Jr. *Introduction to Creative Design*. Englewood Cliffs, New Jersey. Prentice-Hall, 1967.
6. GIBSON, J. E. *Introduction to Engineering Design*. New York. Holt, Rinehart and Winston, 1968.
7. KRICK, B. W. *An Introduction to Engineering and Engineering Design*. New York, J. Wiley, 1965.
8. MIDDENDORF, W. H. *Engineering design*. Allyn and Bacon, Boston, 1969.
9. ALGER J. R. M. HAYS J. V. *Creative Synthesis in Design*. Englewood, New Jersey, Prentice Hall, 1964.
10. ROC P. H. SOULIS, G. N. HANDA, V. K. BACON *The discipline of design*, Allyn and Bacon, Boston, 1967.
11. KAUFMAN, A., FUSTIER, M., DREVET, N. *L'Inventique*. Entreprise Moderne d'Édition Paris, 1971.
12. OSBORN ALEX *Applied Imagination*. Charles Scribner's Sons, New York 1957. Traducere în limba franceză, Dunod, Paris, 1971.
13. GORDON, W. I. T. *Synectics*. Harper and Brothers, New York, 1961.
14. BELOUS, V. *Proiectarea sculelor*. Bazele proiectării sculelor așchietoare. I. P. Iași, 1968.
15. BELOUS, V. *Proiectarea de rutină și proiectarea creativă inginerască în domeniul sculelor așchietoare*. În vol. Comunicări științifice — Botoșani 1978, pp. 11—22.
16. BELOUS, V. *Asupra etapelor creației tehnice în domeniul sculelor așchietoare*. Creația tehnică și fiabilitatea în construcția de mașini, vol. „mașini-unelte-scule-dispozitive”, Iași, 1978, pp. 34—37.
17. BELOUS, V. *Metode psihologice de creație de noi scule așchietoare*, Ibid. pp. 28—33.
18. BELOUS, V. *Metode analitice pentru creația de noi scule așchietoare*, Ibid. pp. 14—19.
19. BELOUS, V. și SEVERINCUL, M. *Asupra unor metode analitice de creație tehnică*. Lucr. ses. št. „Creația tehnică și fiabilitatea în construcția de mașini”, vol. „Mașini-unelte-scule dispozitive”, I. P. Iași, 1980.
20. BELOUS, V. *Sinteza sculelor așchietoare*. Ed. Junimea, Iași, 1980.
21. VERONE, PIERRE *Inventica*. Ed. Albatros, 1982.
22. BELOUS, V. *Inventica*. Bazele creației tehnice. I. P. Iași, 1984.

23. BELOUS, V. *Etapale inventicii — etape fundamentale ale protecării creative.* Lucr. primul simpozion național de Inventică, Iași, 1984, pp. 16—28.
24. BELOUS, V. *Creația tehnică în construcția de mașini.* Ed. Junimea, 1986.
25. BELOUS, V. *Inventică și proiectarea optimală.* Bul. I. P. Iași, seria Construcția de mașini, 1985.
26. BELOUS, V. *Specialistul format în facultățile tehnice — un inventator de profesie.* Revista Forum, nr. 12, 1985, pp. 37—45.
27. BELOUS, V. *Formularea prin deducție a temei de creație în construcția de mașini.* Revista Forum nr. 11, 1985.
28. BELOUS, V. *Școlile de inventică — mijloc de stimulare a procesului creativ în tehnică.* Revista Economică nr. 31, august, 1984, pp. 22—23.
29. BELOUS, V. — *Inventica și superprodusele în construcția de mașini.* Vol. celui de al II-lea simpozion național „Perspectiva pluridisciplinară asupra creativității”. Buzeni, 1985, pp. 144—147.
30. WILDE, J. DOUGLAS *Globally optimal Design.* Ed. John Wiley, New York, 1978.
31. ENESCU, I., SAVA, V. *Matematici speciale.* I. P. Iași, 1981.
32. MANGERON, D., POTERAȘU, FL., VULPE, A. *Teoria optimizării structurale.* Iași, Ed. Junimea, 1984.
33. STOICA, A. *Creativitatea elevilor.* E.D.P. Buc., 1983, pp. 11—12.
34. ODOBLEJA, Șt. *Psihologia consonantistă.* București, Ed. Științifică și Enciclopedică, 1982.
35. ODOBLEJA, Șt. *Introducere în logica rezonanței.* Craiova, Scrisul Românesc, 1984.
36. MORARU, ION *Un model epistemologic-psihologic al creativității tehnice.* București, Ed. Științifică și Enciclopedică, 1980.

ACTUALITĂȚI TEHNICO-ȘTIINȚIFICE

Participarea R. S. România la Programul complex al colaborării țărilor membre ale CAER pînă în anul 2000, în domeniul progresului tehnico-științific

Ing. Alexandru Drăguț

Consiliul Național pentru Știință și Tehnologie

1. Congresul al XIII-lea al Partidului Comunist Român a stabilit orientările și conținutul unei noi și hotărîtoare etape în înfăptuirea Programului de făurire a societății socialiste multilateral dezvoltate și de înaintare a României spre comunism. Prin îndeplinirea sarcinilor celui de-al 8-lea cincinal și ale perioadei de perspectivă, în țara noastră vor fi realizate, în linii mari, principalele prevederi ale programului partidului, trecîndu-se la afirmarea treptată, în toate domeniile activității economico-sociale, a principiilor comuniste de muncă și de viață. Dezvoltînd și perfecționîndu-și forțele de producție pe baza celor mai noi cuceriri ale științei și alocînd dezvoltării circa 30% din venitul național, pînă la finele acestui cincinal, România se va înscrie în rîndul țărilor cu o dezvoltare economică medie, continuîndu-și neabătut înaintarea spre nivelul țărilor dezvoltate din punct de vedere economic.

Jalonînd trecerea la o nouă calitate în toate sectoarele de activitate și pentru asigurarea unei dezvoltări intensive a economiei românești, Directivele Congresului al XIII-lea al partidului nostru au înscris ca parte integrantă liniile directoare ale Programului de cercetare științifică, dezvoltare tehnologică și de introducere a progresului tehnic pe perioada 1986—1990, elaborat sub conducerea directă a tovarăsei academician doctor inginer ELENA CEAUȘESCU, prim-viceprim-ministru al Guvernului, președintele Consiliului Național al Științei și Învățămîntului.

În cuvîntarea rostită la Plenara C.C. al P.C.R. din decembrie 1986, referindu-se la Programul privind înfăptuirea obiectivelor stabilite de Congresul al XIII-lea al partidului nostru pentru dezvoltarea intensivă a economiei naționale în perioada 1986—1990, tovarășul NICOLAE CEAUȘESCU, secretarul general al partidului, președintele R. S. România arăta „Știința românească dispune astăzi de o mare capacitate din toate punctele de vedere și putem să înfăptuim obiectivele stabilite de Congresul al XIII-lea al partidului. Nu trebuie nici un moment să uităm că vom putea înfăptui

obiectivele dezvoltării noastre numai și numai pe baza celor mai noi cuceriri ale științei și tehnicii în toate domeniile de activitate. Angajarea cu toate forțele în noua revoluție tehnico-științifică, în noua revoluție agrară constituie o necesitate obiectivă pentru înfăptuirea Programului partidului, pentru a asigura ridicarea patriei noastre la un înalt nivel de dezvoltare economico-socială.

Înfăptuirea obiectivelor fundamentale ale dezvoltării economico-sociale în actualul cincinal și în perspectivă determină creșterea continuă a rolului științei și tehnologiei ca forță nemijlocită de producție, ca factor dinamizator al acestei dezvoltări, al ridicării patriei noastre pe noi trepte de progres și civilizație.

Dezvoltarea multilaterală și în ritm susținut a economiei naționale, a științei și tehnologiei în țara noastră, corespunzător cerințelor revoluției tehnico-științifice, a făcut posibilă și necesară extinderea continuă a relațiilor economice, științifice și tehnologice cu alte țări, participarea tot mai largă a României la circuitul de valori pe plan mondial.

2. În concepția României, a președintelui său, tovarășul NICOLAE CEAUȘESCU, lărgirea și intensificarea cooperării tehnico-științifice internaționale trebuie să corespundă într-o măsură tot mai mare necesităților creșterii și modernizării rapide a forțelor de producție, să faciliteze transferul de tehnologie și accesul liber la realizările științei și tehnologiei contemporane, să-și aducă o contribuție tot mai importantă la utilizarea cu maximă eficiență a forței naționale de creativitate științifică și la dezvoltarea multilaterală a economiei românești.

Participarea țării noastre la schimburile internaționale în domeniul științei și tehnologiei s-a intensificat continuu, odată cu asigurarea pe plan național a unei puternice dezvoltări a cercetării științifice, dezvoltării tehnologice și introducerii progresului tehnic, rezultatele obținute în aceste domenii conferind institutelor noastre de cercetare și inginerie tehnologică largi valențe competitive în relațiile cu institutele și firmele de specialitate din alte țări.

Dacă în 1965 România desfășura relații de colaborare tehnico-științifică cu 28 de țări, în prezent numărul țărilor cu care sînt stabilite relații de colaborare tehnico-științifică depășește 75. România realizează activități de conlucrare științifică și tehnologică cu toate țările socialiste, cu peste 40 de țări în curs de dezvoltare și cu majoritatea țărilor capitaliste dezvoltate din Europa, America de Nord și Asia.

În același interval, 1965—1985, numărul obiectivelor de cooperare în domeniul științei și tehnologiei dintre România și alte țări a crescut de peste 7 ori, iar exportul de produse, tehnologii, licențe, know-how, asistență tehnică și alte servicii din sfera cercetării-dezvoltării de peste 6 ori.

Participarea activă a României la diviziunea internațională a muncii, la schimbul de valori științifice și tehnologice, se desfășoară pe baza principiilor politicii sale externe întemeiată pe respectarea suveranității și independenței naționale, deplina egalitate în drepturi, neamestecului în treburile interne și avantajul reciproc, principii, pe care partidul și statul nostru le aplică în mod consecvent.

În ansamblul relațiilor de colaborare tehnico-științifică internațională ale României, un loc principal îl ocupă colaborarea și cooperarea cu țările socialiste.

Colaborarea și cooperarea științifică și tehnologică între România și țările socialiste se realizează în forme variate, atât bilateral, cât și pe linie multilaterală, în cadrul C.A.E.R. și al altor organizații internaționale specializate ale țărilor membre ale C.A.E.R.

3. România, prin organele sale economice, institutele de cercetare și proiectare, centralele și întreprinderile industriale interesate, participă la colaborarea multilaterală în cadrul a peste 200 de convenții și acorduri, din cele peste 300 încheiate pe linie C.A.E.R., în ultima perioadă de peste 15 ani, care cuprind în principal, programe de cooperare în domenii importante pentru economia națională ca: dezvoltarea bazei de materii prime și energetice și valorificarea superioară a acestora, inclusiv a unor minerale cu conținut scăzut de substanțe utile; lărgirea utilizării în economie a unor noi surse de energie; realizarea de noi tipuri de mașini, utilaje și instalații, de noi materiale și înlocuitori; crearea de noi tehnologii care să asigure reducerea consumurilor de materiale, combustibil și energie în procesele de producție; recuperarea și refolosirea materiilor prime și materialelor; utilizarea în economie a tehnicii și energiei nucleare; aplicarea largă a tehnicii de calcul; cercetări cu caracter fundamental-aplicativ în chimie, fizică, biologie ș.a.

4. Consfătuirea la nivel înalt pe probleme economice a țărilor membre ale C.A.E.R. din iunie 1984, la inițierea, pregătirea și desfășurarea căreia România și-a adus o contribuție importantă, a efectuat o profundă analiză a stadiului și rezultatelor colaborării economice și tehnico-științifice dintre aceste țări și prin documentele adoptate a stabilit direcțiile principale ale dezvoltării și adâncirii în continuare a acesteia, deschizând perspectiva ridicării, la un nivel superior, a conlucrării reciproc avantajoase în cadrul C.A.E.R., în interesul dezvoltării mai accelerate a economiilor naționale ale țărilor membre.

La Consfătuire s-au convenit obiectivele cele mai importante care să stea, în această etapă, în centrul activității de colaborare, alături de complexul de măsuri adoptate pentru intensificarea cooperării economice în diferite domenii ca materiile prime, combustibilii, metalurgia, agricultura, industria alimentară și altele, precum și pentru adâncirea substanțială a cooperării și specializării în producție, stabilindu-se, de asemenea, măsuri pentru intensificarea colaborării tehnico-științifice.

În acest context, pornind de la necesitatea modernizării rapide a economiilor naționale, a trecerii accelerate pe calea dezvoltării intensive, Consfătuirea a stabilit, ca sarcină pentru Consiliul de Ajutor Economic Reciproc, să elaboreze, pe bază programelor naționale, Programul complex al progresului tehnico-științific al țărilor membre ale C.A.E.R. pe 15—20 de ani.

Ca urmare, la ședința a 41-a extraordinară a Sesiunii C.A.E.R. din decembrie 1985, desfășurată la nivelul șefilor de guverne, a fost adoptat

și semnat Programul complex al progresului tehnico-științific al țărilor membre ale C.A.E.R. până în anul 2000, menit să constituie baza dezvoltării și adâncirii în continuare a colaborării și cooperării tehnico-științifice pe termen lung, între aceste țări.

5. Alături de alte programe de colaborare tehnico-științifice ale țărilor membre ale C.A.E.R., cum sînt cele în domeniile: soluționării problemelor de combustibil și energie pe perioada pînă în anul 2000; al construcției de aparatură, utilaje și echipamente pentru cercetarea științifică și automatizarea experimentelor; al folosirii raționale a resurselor naturale în contextul protecției mediului înconjurător, *Programul complex oferă o bază corespunzătoare pentru coordonarea eforturilor țărilor membre ale C.A.E.R. în realizarea prin cooperare a unor acțiuni convenite privind crearea și utilizarea de tehnici și tehnologii de vîrf în direcțiile prioritare actuale ale dezvoltării științei și tehnicii, purtătoare ale progresului tehnic, cum sînt: dezvoltarea energiilor alternative și cu deosebire a surselor de energie de perspectivă; crearea de noi materiale și tehnologii; electronizarea și automatizarea complexă a proceselor de producție, în scopul optimizării acestora și reducerii pe această bază a consumurilor de energie, combustibil și materiale; dezvoltarea accelerată a aplicațiilor biotehnologiilor în industrie, agricultură și ocrotirea sănătății.*

În Program, care are un caracter complex, sînt stabilite formele concrete de colaborare pentru coordonarea eforturilor țărilor membre ale C.A.E.R. în domeniile menționate a căror dezvoltare accelerată poate contribui în mod determinant la intensificarea creșterii economice și la asigurarea unui înalt nivel al progresului tehnico-științific.

Obiectivele mai importante ale cooperării țărilor membre în perioada următoare, în cadrul direcțiilor prioritare amintite mai sus, sînt orientate cu precădere spre punerea la punct a unor tehnici de vîrf, astfel:

În domeniul dezvoltării unor surse alternative de energie scopul principal al colaborării țărilor membre ale C.A.E.R. va consta în creșterea însemnată a ponderii acestor energii, în special cele de proveniență nucleară, în economiile energetice ale acestor țări, creșterea eficienței și siguranței alimentării cu energie și reducerea folosirii combustibililor organici.

În vederea atingerii scopului menționat se are în vedere ca prin cooperare să se asigure perfecționarea în continuare a construcției de centrale nucleare-electrice și nucleare-termo-electrice cu eficiență tehnico-economică ridicată, cu sisteme de conducere, calitativ noi, de înaltă fiabilitate, de control și automatizare a proceselor tehnologice; îmbunătățirea folosirii uraniului natural, crearea de noi metode și mijloace eficiente de prelucrare, transport și depozitare a deșeurilor radioactive. Se are în vedere, de asemenea, elaborarea de utilaje pentru reactoare cu neutroni rapizi, reproducători de combustibil nuclear, precum și efectuarea de cercetări în scopul creării bazelor științifice ale unei noi surse de energie — sinteza termo-nucleară dirijată.

Realizarea obiectivelor Programului de colaborare va contribui într-o măsură însemnată la creșterea potențialului energetic al țărilor membre

ale C.A.E.R., va conduce la reducerea investițiilor în ramurile industriei extractive de combustibili, va elibera, pentru alte necesități, cantități însemnate de combustibili organici deficitari.

În domeniul creării și asimilării de noi materiale scopul principal al colaborării țărilor membre ale C.A.E.R. îl constituie implementarea largă în economiile lor naționale și, în primul rând, în industrie a unor tipuri de materiale principial noi care dispun, comparativ cu materialele tradiționale, de asemenea proprietăți valoroase, cum sînt: rezistența ridicată la coroziune și radiații, refractabilitatea, rezistența la uzură ș.a., precum și crearea de noi tehnologii pentru producerea și prelucrarea acestora.

S-a considerat necesar ca principalele eforturi în colaborarea reciprocă din acest domeniu să fie orientate spre elaborarea și asimilarea de noi tehnologii, materiale și utilaje tehnologice speciale pentru asigurarea realizării: producției industriale pentru un larg nomenclator de materiale compozite și ceramice, de înaltă rezistență, anticorozive și refractare și extinderea folosirii acestora în electrotehnică și electronică, metalurgie, chimie și medicină; a motorului de combustie internă pentru automobile și a turbinei pe gaze din ceramică, de noi mase plastice pentru aplicarea în domenii multiple, în măsură să înlocuiască materialele naturale deficitare, materialele feroase și neferoase și unele aliaje și să îmbunătățească substanțial proprietățile de exploatare, calitatea și durabilitatea mașinilor și utilajelor; de noi materiale rezistente la uzură și a altor materiale din metale feroase și neferoase, precum și a compușilor greu fuzibili pe baza procedeelor metalurgiei pulberilor; de materiale amorphe și microcristaline cu însușiri deosebite mecanice, electrotehnice, anticorozive; de noi materiale semiconductoare pentru microelectronică, de metale și compuși ai acestora de înaltă puritate, cu proprietăți fizice deosebite.

Se are în vedere, de asemenea, perfecționarea tehnologiei de turnare continuă și elaborarea tehnologiei de prelucrare, în afara cuptorului, a oțelului pentru producția de metal cu proprietăți îmbunătățite și de înaltă calitate; crearea de noi tipuri de laseri tehnologici și folosirea lor pentru operații de tăiere, sudură, prelucrare termică dimensionată, croire.

Prin utilizarea rezultatelor ce se vor obține în cadrul Programului de colaborare se estimează o creștere radicală a nivelului tehnic și tehnologic al producției construcțiilor de mașini, metalurgiei, radioelectronicii, electrotehnicii, industriei chimice și altor ramuri hotărîtoare ale economiilor naționale ale țărilor membre, creșterea substanțială a fiabilității mașinilor și utilajelor, reducerea consumurilor de materiale, energointensității, volumului de muncă, costurilor, asigurarea înlocuirii și folosirii raționale pentru alte nevoi a unor asemenea materiale valoroase, cum sînt: platina, cobaltul, nichelul, cromul, moliบดีnul, wolframul, niobiul ș.a.

În domeniul electronizării economiei naționale scopul principal al colaborării îl constituie asigurarea largă a producției și altor activități cu cele mai moderne mijloace ale tehnicii de calcul, ca bază a creșterii productivității muncii, economisirii de resurse, materiale și energie, a accelerării introducerii progresului tehnico-științific în economia națională.

În legătură cu aceasta, se are în vedere crearea de super calculatoare din noua generație cu peste zece miliarde operațiuni pe secundă,

pentru aplicarea în rezolvarea unor probleme științifice complexe, în conducerea economiei, în crearea bazelor de cunoștințe ș.a.; se vor dezvolta mijloacele de masă ale tehnicii de calcul, calculatoarele personale, ce vor fi asigurate cu programe moderne pentru dotarea ramurilor economiei naționale, a unităților de cercetare științifică și proiectare, a altor locuri de muncă din activitatea cotidiană; vor fi dezvoltate de asemenea sistemele de transmitere numerică a informației care să asigure creșterea considerabilă a capacității de trafic și a fiabilității sistemelor de comunicații în care scop se vor asimila și introduce mijloace rapide de comunicații prin fibre optice.

Cooperarea țărilor membre în acest domeniu va permite introducerea mai rapidă în economie a diferite aparate și produse noi ale tehnicii electronice și microelectronice, în primul rând, din noua generație de circuite foarte larg integrate și foarte rapide, de mare fiabilitate și grad de miniaturizare, create pe baza folosirii materialelor noi și noilor principii ale fizicii, precum și a unor noi utilaje tehnologice specializate pentru producerea acestora.

Prin utilizarea în țările membre a rezultatelor obținute pe baza Programului de colaborare se estimează o creștere însemnată a productivității muncii în toate sferele de activitate, inclusiv în industrie, construcții, agricultură, transporturi și sănătate, reducerea până în anul 2000 de 2—3 ori a consumului de materiale în producție și de 1,5—2 ori a consumului de energie.

În domeniul activității de cercetare și proiectare, utilizarea sistemelor informaționale pe baza tehnicii de calcul va permite reducerea de 2—3 ori a termenelor de elaborare și realizare a obiectivelor de cercetare științifică și a proiectelor de inginerie tehnologică, simultan cu creșterea calității și scăderea însemnată a cheltuielilor pentru realizarea acestora.

În domeniul automatizării complexe scopul principal al colaborării țărilor membre ale C.A.E.R. îl constituie automatizarea complexă pe scară largă a ramurilor economiei naționale, prin folosirea liniilor de producție automatizate flexibile, a liniilor de conveioare rotative, a roboților industriali, a echipamentelor automatizate cu sisteme de comandă încorporate și a mijloacelor automatizate de control al proceselor tehnologice ș.a.

Pentru realizarea acestui scop, prin cooperare se are în vedere crearea și implementarea, în activitatea practică, în primul rând, a unor sisteme reglabile și flexibile de producție cu destinații diferite de utilizare cu deosebire în construcția de mașini, precum și de secții și fabrici complet automatizate, a unor sisteme automatizate de proiectare și pregătire tehnologică a fabricației, de automatizare a cercetărilor și proiectării, a unor sisteme automatizate de conducere a producției și a proceselor tehnologice ș.a.

În legătură cu aceasta, se vor crea și asimila larg în activitatea productivă: noi tipuri de roboți industriali și manipolatoare pentru ramurile economiei naționale, roboți programabili și adaptabili rapid la condiții ce se modifică; produse și echipamente mecanice, hidraulice, pneumatice, electrotehnice, electronice și alte componente; instalații perfecționate de

conducere și diagnosticare pentru mașini și utilaje tehnologice automatizate ș.a.

Prin realizarea obiectivelor prevăzute în Programul de colaborare și prin utilizarea rezultatelor obținute de țările participante se estimează că, în perioada pînă în anul 2000, cheltuielile de proiectare și execuție a produselor, se vor reduce de cca 1,5 ori, cheltuielile de muncă, la producerea lor, vor scădea de 2 ori, fiabilitatea se estimează că va crește de cca 1,5 ori.

Crearea de sisteme automatizate, flexibile de producție și implementarea lor largă în economia națională a țărilor membre ale C.A.E.R. va contribui la ridicarea considerabilă a eficienței producției, la reducerea de 1,5—2 ori a termenelor și cheltuielilor de asimilare a noilor tipuri de produse, la creșterea de 2—5 ori a productivității muncii.

În domeniul dezvoltării accelerate a aplicațiilor biotehnologiei scopul principal al colaborării țărilor membre ale C.A.E.R. constă în prevenirea și vindecarea eficientă a unor boli grave ale populației, creșterea masivă a resurselor alimentare, îmbunătățirea asigurării economiei naționale cu noi tipuri de materii prime; asimilarea de surse noi, regenerabile, de energie, dezvoltarea în continuare a producțiilor fără deșeuri și îmbunătățirea continuă a mediului ambiant.

Atingerea acestui scop urmează să se asigure pe baza introducerii rapide a rezultatelor avansate obținute în domeniul biotehnologiei prin colaborarea țărilor membre, la dezvoltarea în continuare a cercetărilor fundamentale pentru întregul complex al științelor biologice și a altor domenii ale științelor naturii, legate nemijlocit de studierea bazelor fizico-chimice ale fenomenelor vitale, precum și crearea și organizarea producției de utilaje tehnologice necesare acestui domeniu de activitate.

Se are în vedere, în principal, crearea și asimilarea largă în economiile țărilor membre ale C.A.E.R., de: noi substanțe biologice active și medicamente ca interferon, insulină, anticorpi mono și multiclonali ș.a. pentru medicină care să permită realizarea, în domeniul ocrotirii sănătății, a diagnosticării din timp și vindecarea unor boli grave — cardiovasculare, canceroase, ereditare, infecțioase, inclusiv virotice; mijloace microbiologice pentru protecția plantelor împotriva bolilor și dăunătorilor, îngrășăminte bacteriene și regulatori ai creșterii plantelor; noi soiuri și hibrizi de plante agricole de înaltă productivitate și rezistente la factorii nefavorabili din mediul exterior, obținute prin metode ale ingineriei genetice și celulare; adaosuri nutritive valoroase și substanțe biologice active (proteine furajere, aminoacizi, fermenți, vitamine, preparate veterinare ș.a.) pentru creșterea productivității în zootehnie; noi metode bioingineresti pentru profilaxia, diagnosticarea și terapia eficientă a principalelor boli la animalele pentru agricultură; noi biotehnologii de obținere a produselor valoroase din punct de vedere economic pentru folosirea în industria alimentară, chimică, microbiologică și în alte ramuri ale industriei.

Utilizarea rezultatelor obținute pe baza Programului de colaborare va permite țărilor membre să folosească mai eficient în economia națională resursele biologice regenerabile, să dezvolte pe baze noi producția de

alimente și medicamente, precum și să îmbunătățească mediul înconjurător prin aplicarea de tehnologii cu consum redus de energie și fără deșeuri, să ridice la un nivel superior ocrotirea sănătății, științele medicale, agricole și veterinare.

6. Pentru rezolvarea prevederilor Programului se are în vedere realizarea unui larg schimb de informații, între țările membre, asupra rezultatelor lucrărilor de cercetare științifică și tehnologiilor existente, în scopul folosirii lor cât mai rapide în țările membre interesate, acțiune care după părerea noastră va aduce o contribuție importantă la crearea în aceste țări a unor posibilități sporite de participare la realizarea obiectivelor Programului.

Acțiunile de cooperare prevăzute în Program se vor rezolva pe baza convențiilor și acordurilor de colaborare dintre organele și organizațiile economice și tehnico-științifice interesate din țările membre, finanțarea lor urmînd să fie asigurată din mijloacele naționale ale acestora; se prevede de asemenea posibilitatea utilizării, pentru realizarea unor programe de lucrări, a creditelor Băncii Internaționale de Investiții și Băncii Internaționale de Colaborare Economică și în cazuri convenite, pe bază de convenții și acorduri, de către țările membre interesate, a unor fonduri comune constituite de aceste țări.

O deosebită importanță o are prevederea potrivit căreia Programul va constitui baza cooperării tehnico-științifice în cadrul C.A.E.R. și va contribui la dezvoltarea largă a cooperării și specializării în producție. Această prevedere asigură realizarea Programului în conformitate cu principiile înscrise în Statutul Consiliului și în alte documente normative ale acestei organizații, ceea ce va permite aplicarea formelor, căilor și metodelor de colaborare, verificate de viață și trecerea de îndată la realizarea acțiunilor înscrise în Program.

Merită să fie relevată, totodată, prevederea din Program potrivit căreia fiecare țară membră a C.A.E.R. are dreptul ca, în orice moment să-și exprime interesul de a participa la diferite acțiuni înscrise în document, în condițiile ce se convin cu țările participante. Această prevedere este menită să sublinieze încă o dată caracterul democratic al colaborării în cadrul C.A.E.R., al relațiilor de tip nou statornicite între țările socialiste.

Tot în acest cadru se înscrie și precizarea că țările membre ale C.A.E.R., care nu participă la o lucrare sau alta prevăzută în Program, au dreptul la primirea rezultatelor tehnico-științifice, în condițiile convenite cu țările elaboratoare. O asemenea prevedere, pe lângă rolul său economic are și o mare importanță politică, îndeosebi, în contextul situației internaționale actuale, detașînd în mod net politica țărilor socialiste de politica statelor capitaliste într-un domeniu atât de actual și controversat pe plan mondial, acela al transferului liber și neîngrădit, fără restricții, al rezultatelor cercetării.

Programul este un document deschis, el putînd fi completat și precizat periodic, pe baza propunerilor țărilor, cu luarea în considerare a noilor cuceriri ale științei, tehnicii și producției pe plan mondial, astfel

incît să se asigure corelarea permanentă a prevederilor acestui document cu necesitățile dezvoltării economico-sociale a țărilor membre.

Caracterul deschis al Programului este fundamentat și de principiile ce urmează să fie puse la baza înfăptuirii prevederilor sale; acestea sînt principiile stabilite în Statutul C.A.E.R., în Programul complex al adîncirii și perfecționării în continuare a colaborării economice și tehnico-științifice și în documentele Consfăturii economice la nivel înalt a țărilor membre ale C.A.E.R. din iunie 1984, precum și în conformitate cu prevederile Cartei Organizației Națiunilor Unite și Actul final al Conferinței pentru securitate și cooperare în Europa.

7. România, prin organele sale competente, prin unitățile de cercetare-proiectare, prin oameni de știință și alți specialiști, a participat activ în toate etapele de elaborare a Programului, aducîndu-și, alături de celelalte țări membre ale C.A.E.R., o contribuție importantă la pregătirea acestui document.

Avînd în vedere prevederile Programului național de cercetare-dezvoltare și introducere a programului tehnic pe cîincinalul 1986—1990 și respectiv pe perioada 1991—2000, aprobat de Congresul al XIII-lea al P.C.R. în luna noiembrie 1984, conducerea noastră de partid și de stat a indicat să se asigure o participare cît mai largă a unităților de cercetare și producție românești interesate la realizarea acelor obiective cuprinse în Programul adoptat de sesiune, care sînt asemănătoare prin tematica lor, și rezolvarea căroră, în cooperare, va contribui direct la înfăptuirea obiectivelor programului național de cercetare.

„Pentru realizarea programului de colaborare în C.A.E.R. — sublinia tovarășul NICOLAE CEAUȘESCU, secretarul general al partidului, la Congresul științei și învățămîntului din noiembrie 1985 — este necesar să participăm activ și la realizarea Programului complex în domeniul cercetării și tehnologiei“.

La ședința Comitetului Politic Executiv al C.C. al P.C.R., din 27 decembrie 1985, Programul a fost aprobat, concomitent cu un program de măsuri pentru îndeplinirea angajamentelor asumate de partea română în vederea realizării în cît mai bune condiții a prevederilor acestui important document.

În cuvîntarea rostită cu acest prilej, tovarășul NICOLAE CEAUȘESCU, secretarul general al P.C.R., s-a referit pe larg la importanța adoptării Programului și a dat indicații deosebit de prețioase în legătură cu modul în care trebuie să acționeze ministerele, alte organe centrale de resort, institutele centrale, unitățile de cercetare și producție participante la rezolvarea prevederilor Programului.

„Consider — spunea tovarășul NICOLAE CEAUȘESCU — că obiectivele generale ale Programului sînt deosebit de importante și trebuie — așa cum am hotărît, dealtfel, cînd am adoptat programul respectiv — să facem totul pentru a asigura realizarea în cele mai bune condiții a acestor obiective“.

S-a subliniat de asemenea că o atenție deosebită la realizarea Programului trebuie acordată, în primul rînd, rezolvării problemelor ener-

getice, ale materiilor prime și creării de noi materiale cu caracteristici superioare, ale creșterii producției agricole.

Adoptarea Programului complex reprezintă un nou pas pe calea înfăptuirii măsurilor de dezvoltare, pe multiple planuri, a colaborării și cooperării economice și tehnico-științifice stabilite la Consfătuirea economică la nivel înalt a țărilor membre ale C.A.E.R., din iunie 1984. În același timp, însă, România consideră că există toate posibilitățile pentru realizarea tuturor programelor stabilite la Consfătuirea menționată și în special cele referitoare la soluționarea problemelor din domeniul energetic și al materiilor prime, revederii convențiilor de specializare și cooperare în producție, pornindu-se de la potențialul actual economic și tehnico-științific al țărilor membre, de la necesitatea utilizării cât mai complete a capacităților de producție din aceste țări, ceea ce considerăm că ar asigura condiții dintre cele mai favorabile realizării Programului complex.

Elementele principale ale intensificării

În prezent, economia U.R.S.S. se află într-o etapă importantă a evoluției sale, și anume trecerea pe o cale intensivă de dezvoltare. Intensificarea înseamnă, în primul rând, ridicarea substanțială a eficacității utilizării fondurilor de producție de bază. Cum să se realizeze aceasta? În primul rând, prin încorporarea neconținută a ideilor științifice fundamentale în tehnologiile cele mai noi, care, la rândul lor, generează mașini, utilaje și aparate mai perfecționate, utilizând principiile și legile fizice, chimice și alte legi noi, recent descoperite. Știința — tehnologia — producția — iată formula etapei actuale a progresului tehnico-științific.

Știința pătrunde neconținut prin tehnologie în sfera producției materiale, având asupra ei o acțiune permanentă, susținută. În majoritatea cazurilor, efectul economic, datorită utilizării tehnicii create pe baza celor mai noi idei științifice, iese la iveală încă în etapa activității de cercetare științifică și de proiectare-experimentare; după aceea, amplificat de mai multe ori, el se realizează în producția de serie și de masă.

Jumătatea a doua a secolului XX a fost marcată prin descoperirile cele mai mari, care au predeterminat progresul vertiginos în tehnologii. Este vorba de utilizarea energiei atomice, de introducerea impetuoasă a electronicii, a tehnicii de calcul, a mijloacelor de automatizare și a roboticii, legate de ea; succesele biologiei și geneticii au predestinat apariția biotehnologiei — o nouă ramură a economiei naționale etc. Se poate afirma că, spre sfârșitul secolului, câteva sute dintre cele mai importante tehnologii vor defini fizionomia progresului tehnico-științific.

Potențialul economic al societății se bazează pe trei componente principale: fondurile de bază, produsul social global și productivitatea muncii.

Legătura dintre fondurile de bază, produsul social global și productivitatea muncii se exprimă prin indicatorul de recuperare a fondurilor,

* Revista „Nauka i Jizn” a publicat în numerele sale 6...9 din anul 1985 fragmente din cartea acad. G. Marciuk — actual președinte al Academiei de Științe a U.R.S.S. — aflată în curs de tipărire, consacrată unor probleme fundamentale ale progresului tehnico-științific contemporan. Ținând seamă de actualitatea și interesul problemelor abordate de autor, se publică o relatare cuprinzătoare a materialului apărut în „Nauka i Jizn” (traducerea a fost făcută de Oleg Cramărescu).

adică prin cantitatea de producție obținută de la unitatea valorică a fondurilor de bază.

Progresul tehnico-științific devine factorul principal al ridicării restituirii fondurilor de bază, creșterii productivității muncii și, în cele din urmă, al creșterii potențialului economic al societății, iar eficacitatea fondurilor de bază constituie, într-o oarecare măsură, un criteriu al nivelului progresului tehnico-științific în țară. Dar, la introducerea tehnicii sau tehnologiei noi, costisitoare, în perioada inițială de asimilare, restituția fondurilor scade și, doar după ani, ca începe să crească rapid, datorită beneficiului obținut suplimentar prin valorificarea producției noi, eficiente. În aceasta constă logica dezvoltării tehnico-științifice.

Eficiența economică este caracterizată prin ritmul de creștere a venitului național. Această creștere se obține datorită a trei componente principale: cheltuielile de muncă, utilizarea diferitelor resurse — combustibili, energie, materii prime și, în sfârșit, datorită creșterii gradului de încărcare a întreprinderilor și unităților care creează produsul național.

Economia extensivă subînțelege lărgirea suprafețelor de producție și a resurselor materiale. Prin aceasta a și fost caracterizată etapa precedentă de dezvoltare a economiei naționale a U.R.S.S. Ea a continuat până în ultimii ani, efectiv până la începutul anilor 80. Astfel, fondurile de producție de bază în ultimii 10—12 ani aproape s-au dublat; în aceeași perioadă s-a dublat corespunzător și volumul producției realizate.

Însă, asemenea cale de dezvoltare întâmpină dificultăți (care cu timpul au început să se manifeste tot mai mult). În primul rând, Uniunea Sovietică nu mai poate antrena suplimentar în producție așa de multă populație capabilă de muncă, ca mai înainte.

Se epuizează, de asemenea, acele zăcăminte, care sînt situate aproape de centrele industriale și care erau exploatate relativ ușor și ieftin. Zăcămintele ușor accesibile și bogate, exploatate în prezent, sînt practic deja epuizate. Acum trebuie folosite fie rezerve mai sărace, fie cele care se află în regiuni îndepărtate, cu climă severă. Și unele și celelalte necesită cheltuieli suplimentare mari.

Ca urmare, necesitatea trecerii la calea intensivă de dezvoltare a economiei este evidentă. Sensul acestei treceri constă în aceea că, în locul creșterii resurselor de muncă și materiale, economia intensivă presupune economisirea lor și mărirea eficienței.

Aceasta se poate face doar cu ajutorul progresului tehnico-științific, deoarece numai el permite ca prin automatizare, mecanizare și tehnologii noi să se mărească neconținut productivitatea muncii, să se obțină o creștere substanțială a venitului național și să se satisfacă toate necesitățile societății în producție modernă, variată.

Efectul descoperirilor

Oamenii generației noastre, nu o singură dată, au fost martorii întruchipării unor idei științifice, parcurgînd uneori o cale destul de complexă.

Dealtfel, descoperirile de o importanță cu adevărat mare, care revoluționează ramuri întregi ale economiei, nu se realizează în fiecare zi și, pentru ca să se ajungă la ele, este necesară căutarea îndelungată, de zi cu zi, în necunoscut. La această căutare participă un număr enorm de cercetări, care, bob cu bob, obțin grăunțele adevărului, le reunesc și ajung la importante ipoteze, teorii. Dacă cercetătorii sînt pe calea cea dreaptă, cantitatea de teorii, observații și date factice acumulate trece în calitate: se realizează o nouă descoperire. Dacă nu, totuși, munca cercetătorilor nu va fi zadarnică; se elimină astfel, o anumită direcție a cercetărilor, se îmbogățește știința cu noi informații, iar forțele cercetătorilor se vor concentra asupra unei căi mai certe.

Descoperirile mari, de regulă, se realizează în laboratoarele de cercetări fundamentale, după care sînt preluate de cercetarea de ramură, care le imprimă un caracter concret, aplicativ. Ulterior, ideea nimereste în mîna proiectanților și tehnologilor, care, pe baza ei, creează mașinile generației noi. Proiectele acestor mașini sînt transmise întreprinderilor, unde se pune la punct producția lor în serie sau în masă. Aceasta este, cum s-ar spune, calea „clasică” a materializării descoperirii. Dar, mai devreme sau mai tîrziu, produsul, în care este transpusă o idee științifică strălucitoare și importantă, încetează să mai fie nou. Aceasta este evoluția inevitabilă a oricărei noutăți, oricare ar fi „senzația” provocată, la timpul său, de apariția ei. În aceasta constă dialectica dezvoltării sociale a progresului tehnico-științific.

Dar, societății nu îi este indiferent în cît timp îmbătrînește ideea științifică. Este adevărat că unele produse nu-și modifică proprietățile un timp foarte îndelungat, acestea fiind adevărate capodopere ale geniului creator omenesc. De exemplu, pîinea rămîne de multe milenii un produs de neînlocuit și nu o vor periclita, probabil, încă mult timp orice inovații. În același timp, să zicem, generația de televizoare și calculatoare cu tuburi electronice și-a trăit veacul destul de rapid.

La timpul său, K. Marx a definit în modul următor cadrul aplicării eficiente a mașinilor: „Dacă se examinează mașinile, exclusiv ca un mijloc de ieftinire a produsului, atunci limita aplicării lor este determinată de aceea că munca investită în producerea lor, trebuie să fie cantitativ mai mică decît cea care se înlocuiește prin utilizarea lor”. Aceasta este condiția principală care trebuie satisfăcută de tehnica nou creată — să asigure creșterea productivității muncii în comparație cu cheltuielile pentru crearea tehnicii noi și, ca rezultat final, ieftinirea producției realizată cu ajutorul ei.

Eficacitatea economică a diferitelor noutăți depinde, de asemenea, de nivelul tehnic al elaborărilor și de calitatea de execuție a noilor modele. Nu se poate să nu se ia în considerare, de asemeni, în ce măsură tehnica nouă ameliorează condițiile de muncă și sporește conținutul ei creator, permite să se utilizeze mai rațional timpul de lucru și cel liber și, ca rezultat final, favorizează dezvoltarea multilaterală, în continuare, a personalității.

Introducerea largă în producție a realizărilor științei și tehnicii este o poruncă a timpului, baza dezvoltării eficiente a tuturor ramurilor eco-

nomiei naționale. Dar trecerea economiei pe calea intensivă de dezvoltare, utilizarea unor tehnologii principial noi, nu este nici pe departe o chestiune simplă. Ea necesită restructurarea rapidă a modului obișnuit de gândire al oamenilor de știință și inginerilor chiar și pentru că tehnologia avansată trebuie să fie în permanență cu cel puțin un pas înaintea nivelului celui mai ridicat al producției actuale.

Ce se înțelege, propriu-zis, prin cuvântul tehnologie? În sens larg, tehnologia este procedeul de însușire de către om a lumii materiale prin intermediul activității social organizate, care include trei componente: principiile științifice, uneltele de muncă, oamenii care posedă deprinderi. Tehnologia este procedeul de însușire de către om a lumii materiale principal, însă, indiscutabil, îl joacă primul factor: cât sînt de perfecte și moderne principiile științifice, puse la baza unui proces sau altuia.

Tehnologia este legată foarte strîns de cercetările fundamentale și, în fond, constituie materializarea noilor idei științifice în producția industrială. Tocmai procesul de creare a tehnologiilor noi presupune interacțiunea științelor fundamentale și aplicative, care se exprimă concret prin colaborarea oamenilor de știință cu specialiștii din economia națională.

Să ne amintim ce multe realizări științifice din ultimul timp au stat la baza noilor industrii și au dus chiar la apariția unor ramuri întregi. Sudura electrică sub zgură, a chemat la viață *electrometalurgia* specială. Posibilități principial noi au deschis în fața industriei tehnologiile *laserilor*, *plasmei*, *pulberilor*, *nucleară* și *biotehnologia*, precum și *sinteza autopropagantă* la temperatură înaltă. S-au creat condițiile care permit să se modeleze condițiile termodinamice extreme: *presiuni supraînalte*, *temperaturi înalte* și *ultrascăzute*, prin urmare să se realizeze cele mai variate transformări ale substanțelor, care sînt de neconceput în cadrul proceselor tradiționale. Este vorba de sinteza diamantelor și a altor materiale ultradure, necunoscute anterior în natură, realizarea polimerilor cu mase moleculare enorme, îmbinarea metalelor eterogene. Orizonturi noi deschide în fața energiei minunată descoperire a secolului nostru — *supraconductibilitatea*, care permite să se rezolve asemenea probleme ca transportul cantităților mari de energie la distanțe mari, transformarea energiei termice în cea electrică cu ajutorul *generatoarelor magnetohidrodinamice*, crearea *acceleratoarelor ultraputernice* pentru studiul particulelor elementare.

În viitorul cel mai apropiat, știința va fi în stare să rezolve numeroase probleme, care stau în fața omenirii; tehnologiile noi, nu numai cele care se cunosc, ci și cele care vor apare în anii următori, vor duce la crearea unui mare număr de materiale și dispozitive tehnice și mai eficiente, necesare omenirii. Aș vrea să avertizez totuși împotriva optimismului exagerat în această privință, împotriva speranțelor prea mari în tehnologiile noi. Într-adevăr, se fac foarte multe invenții în lumea actuală; în toate țările se eliberează anual circa 700 000 brevete. Și, în același timp, în ultimii 100 de ani, în lume nu s-au făcut mai mult de 1 000 descoperiri și invenții cu adevărat mari. Așa încît, pînă la sfîrșitul secolului, pot să mai apară doar cîteva zeci de noutăți revoluționare sub aspect tehnic. Și, probabil, că nu toate vor putea fi realizate imediat în practică. Ast-

fel, în viitorii 5 și chiar 10 ani vom avea de-a face, în principiu, cu tehnologiile bazate pe descoperirile și invențiile deja făcute.

Aici trebuie să se ia în considerare o circumstanță importantă. Istoria științei abundă în exemple, când descoperirile dintr-un domeniu al cunoștințelor generează revelații în altul. Astfel, cercetările asupra nucleului atomic și-au găsit o aplicație neașteptată pentru contemporani în medicină: este vorba de utilizarea razelor roentgen. Holografia s-a născut ca un procedeu de creare a imaginii în relief, însă în curînd ea își va găsi aplicație în sistemele de păstrare a informației și în proiectare. Laserul se utilizează în prezent în zeci de aparate și tehnologii, dar proprietățile razelor coerente, create de acest dispozitiv, sînt așa de neobișnuite și deosebite și deschid asemenea posibilități în fața tehnicii, încît eu nu încerc nici măcar să presupun ce probleme va ajuta laserul să fie rezolvate în anul 2000.

Multe tehnologii noi se nasc la confluența diferitelor direcții științifice. Astfel, eforturile comune ale oamenilor de știință, care lucrează în domeniul cristalografiei și tehnologiei chimice, au făcut posibilă crearea semiconductorilor. Îmbinarea invențiilor din domeniul semiconductorilor, peliculelor subțiri și metalurgiei a dus la apariția microelectronicii și circuitelor integrate. Îmbinarea lăserilor, calculatoarelor și holografiei promite să lărgescă mult posibilitățile spectroscopiei, să se realizeze studiul spațial al structurii moleculelor complexe și albuminelor. Legătura reciprocă dintre lucrările comune de cercetări științifice în biochimie, chimie și genetică moleculară va duce la crearea unor medicamente și vaccinuri calitativ noi și, de asemenea, va permite să se dirijeze eficient ereditatea.

Vorbind despre tehnologiile noi, care constituie în fond direcțiile principale ale dezvoltării progresului tehnico-științific se constată că unele dintre ele intră deja în viața noastră, altele sînt asimilate în producția experimentală, iar terțele nu au ieșit încă, deocamdată, din etapa cercetărilor științifice. Dar toate promet să aibă un efect economic mare și, de aceea, încă de astăzi trebuie să ne pregătim pentru utilizarea lor cea mai largă.

Centralele atomoelectrice — fabrici de combustibil nuclear

În cei 30 de ani care au trecut din momentul pornirii primei centrale atomoelectrice din lume, de la Obninsk, energetica atomică a parcurs o cale de dezvoltare colosală. Centralele electrice care folosesc căldura, produsă în reactorul nuclear, ocupă un loc tot mai vizibil în bilanțul energetic.

Majoritatea predominantă a reactorilor centralelor atomoelectrice din U.R.S.S. fac parte din reactorii termici. Aceștia sînt așa numiți reactori apă-apă în care atît ca moderator de neutroni ce se nasc în cursul reacției nucleare, cît și ca agent termic, servește apa. S-au elaborat de asemenea reactori cu grafit-apă, în care, ca moderator, apare grafitul iar, ca agent termic, apa.

Dar, s-a demonstrat de mult posibilitatea teoretică a creerii reactorilor nucleari pe bază de așa numiți neutroni rapizi, adică neutroni cu energii foarte mari. În cazul utilizării neutronilor de acest fel se reușește să se provoace nu numai fisiunea uraniului 235, ceea ce se face în C.A.E. moderne, ci și să se transforme izotopul uraniului 238 în substanță fisibilă. În cursul unei asemenea reacții, nucleele uraniului 238 se transformă în nuclee ale plutoniului 239, care constituie un izotop fisibil și care, cu timpul, poate fi folosit drept combustibil pentru reactorii nucleari. Astfel, C.A.E. de tip nou va produce nu numai energie electrică, ci va deveni și un fel de fabrică de combustibil nuclear. Totodată, îl va produce în cantitate mai mare decât masa inițială a „combustibilului”. Calculele teoretice ale oamenilor de știință au căpătat confirmare practică la C.A.E. din orașul Șevcenko (de pe peninsula Mangîșlak) și la centrala atomoelectrică din Beloiarsk, unde funcționează deja, cu succes, reactori cu neutroni rapizi. Dacă se ia în considerare că rezervele de uraniu 238 depășesc de peste 100 de ori rezervele de izotop fisibil uraniu 235 — principalul combustibil al centralelor atomoelectrice de tip clasic — devine evident ce perspective mari promite noul gen de energetică atomică, care se naște sub ochii noștri.

De la laseri la holografie

Radiația laserului a fost prezisă, iar după aceea și realizată în practică, de către fizicienii sovietici N. T. Basov și A. M. Prohorov, precum și de omul de știință american Ch. Townes acum circa 30 de ani. Nu voi aborda fizica fenomenului, deoarece ea a fost descrisă de repetate ori, atât în literatura de specialitate, cât și în cea de popularizare a științei. Voi aminti doar că radiația laser este rezultatul transformării diferitelor forme de energie în energia unei luminoase monocromatice (cu lungimea de undă riguros determinată). Chiar de la început, a devenit evident spectrul neobișnuit de larg al aplicațiilor practice ale laserilor. Ei se utilizează în prezent în numeroase sfere ale activității umane. Sînt create zeci de tipuri de laseri, care se disting prin starea lor de agregare a mediului activ, metoda de excitație, regimul de generare etc. Gama utilizării lor se extinde de la crearea și cercetarea plasmei termonucleare, pînă la liniile tehnologice de tăiere și sudare a diferitelor piese, de la prelucrarea deșeurilor industriei chimice pînă la sistemele de păstrare, prelucrare și transmitere a unor volume enorme de informație. Cu ajutorul laserilor se realizează o mulțime de procese tehnologice de tratament termic al suprafeței metalelor. Acestea sînt: călirea superficială a metalelor, tehnologia cu laseri de recoacere, alierea și vitrificarea superficială, realizarea acoperirilor de protecție, întărirea cusăturilor sudate. Telecomunicațiile prin fibre optice, bazate pe utilizarea laserilor, au ieșit deja din etapa experimentală și au atins nivelul care permite să se proiecteze linii magistrale de telecomunicații, economic avantajoase.

Se lărgeste foarte rapid domeniul de aplicare a laserilor în medicină și biologie. De pe acum, s-au format trei direcții principale de uti-

lizare a acestora: oftalmologia, chirurgia prin laser și terapia intracavitațională. Instalația fizioterapeutică cu laser dă un efect pozitiv la tratamentul ulcerelor trofice, rănilor purulente, arsurilor, artritelor reumocavitaționale și unor genuri de maladii cardio-vasculare. Cu ajutorul bisturiilor cu laser se introduc metode de chirurgie fără sânge, se tratează unele afecțiuni ale pielii și tumorile, se îndepărtează petele de pigmentare ș.a.m.d. Acestea toate sînt de asemenea tehnologii noi, într-adevăr nu în industrie, ci în medicină.

În sfîrșit, laserii au ajutat la realizarea ideii ingenioase, propusă de opticienii teoreticieni încă la sfîrșitul anilor 1940, de înregistrare a cîmpului luminos monocromatic — „înregistrarea holografică” — cu ajutorul plăcii fotografice obișnuite.

În ce privește nemijlocit holografia, indiscutabil că ea poate fi considerată o descoperire a secolului. Aceasta nu este pur și simplu o nouă tehnologie de fotografiere cu o putere rezolutivă mai ridicată, ceea ce, ca atare, este foarte important, ci o metodă principial nouă de înregistrare a obiectelor, cînd imaginea restabilită după hologramă este așa de reală, încît pentru observator apare efectul prezenței personale printre obiectele reprezentate.

În prezent, hologramele se pot vedea în muzee și în expoziții. Dar tehnologia holografică nu și-a dezvăluit încă toate posibilitățile ei. Metodele holografiei pot fi utilizate larg în acustică, radiofizică, seismologie și prospecțiuni seismologice — peste tot unde acționează legile difracției și interferenței undelor. Pe baza holografiei vor apare cu siguranță noi tehnologii de căutare a minereurilor, de prognoză a cutremurelor, de studiu al structurii fundului mării, tomografie medicală etc. La orizont se întrevăd idei și mai profunde — sinteza artificială a hologramelor cu ajutorul calculatoarelor. Atunci vom putea vedea ceea ce încă nu există în realitate, dar este reflectat în modelele matematice. Să zicem, geneticienii în cooperare cu matematicienii au învățat să descifreze codurile genetice, să sintetizeze genele, dar ei încă nu au creat, poate în afară de cazuri simple, procedeele care permit să se ambaleze informația sub o formă compactă și rațională pentru interacțiuni genetice. Se poate presupune că o asemenea împachetare a informației pe baza legilor molecular-chimice ale aparatului genetic se va rezolva în viitor cu ajutorul holografiei. Cu alte cuvinte, vor fi create genele, în care informația ereditară nu va fi introdusă de către natură, ci de către om. Este adevărat că drumul de realizare a acestei idei va fi mai curînd îndelungat și spinos. De altfel, aceasta este calea obișnuită de materializare a ideilor științifice și, în același timp, calea naturală a progresului tehnico-științific.

Profesiunile plasmelor

Se poate spune că radiația laser a avut noroc. De la descoperirea ei s-au scurs doar 30 de ani, iar astăzi noi vedem deja numeroase exemple de utilizare a laserilor în practică. Dar soarta cercetărilor asupra plas-

mei a fost alta. Pasul inițial pe calea generării plasmei a fost realizarea descărcării electrice prin arc în anul 1802 de către primul electrotehnician rus și fondatorul tehnologiei electrotehnice, profesorul V. V. Petrov. Dar, doar după 100 de ani, în anul 1902, la o uzină construită special în S.U.A. pentru fixarea azotului atmosferic, a fost întreprinsă tentativa de utilizare în practică a plasmei, care s-a încheiat printr-o nereușită. Numai la sfârșitul anilor 50 din secolul nostru, s-au reînnoit cercetări ample asupra plasmei, încercări de a introduce tehnologiile cu plasmă. Cu alte cuvinte, plasma a fost descoperită cu mult mai înainte ca potențialul productiv al societății să fi fost capabil să o utilizeze. O asemenea soartă, în treacăt fie zis, este caracteristică și pentru alte câteva idei tehnice.

Deci, plasma. Gazul ionizat parțial sau integral, în care densitatea sarcinilor pozitive și negative este practic identică, iar sarcina totală egală cu zero. Plasma este electric conducătoare și poate fi de temperatură scăzută (de ordinul a 10^3 grade pe scara Kelvin) și de temperatură înaltă (de ordinul a 10^6 — 10^8 K). Ultimul gen de plasmă se numește uneori a patra stare a substanței. De acest fel de plasmă sînt legate speranțele oamenilor de știință în domeniul obținerii noilor surse de energie, în special realizarea sintezei termonucleare dirijate.

Plasma de temperatură scăzută se formează la descărcarea electrică în mediul gazos: prin arc, latentă, prin scînteii etc. Tocmai acest domeniu a căpătat utilizarea tehnologică cea mai mare. După cum a reieșit, plasma de temperatură scăzută este un mijloc care accelerează pronunțat desfășurarea numeroaselor procese fizico-chimice. Tehnologia plasmei are avantaje tehnico-economice considerabile la realizarea proceselor metalurgice și chimice, printre care și la scară mare, precum și la crearea materialelor speciale. Concentrația mare de energie într-un volum mic, temperatura ridicată a mediului în limite largi ale presiunilor de lucru, vitezele ridicate de desfășurare a reacțiilor fizico-chimice — caracteristici ale plasmei — au permis nu numai să se accelereze procesele tradiționale, ci și să se creeze tehnologii noi, care ar fi imposibil de realizat în condiții obișnuite.

Prin eforturile oamenilor de știință de la Institutul de termofizică al Filialei din Siberia a Academiei de științe a U.R.S.S. și a biroului special de proiectare „Energohimmaș”, condus de M. F. Jukov, membru corespondent al Academiei de științe a U.R.S.S., s-a creat un ansamblu de agregate noi — plasmotroane cu capacitatea de la 100 W pînă la 10 000 kW. Fiecare plasmotron constituie concomitent un aparat electrotehnic și termic, în care energia surselor electrice exterioare, cu ajutorul descărcării prin arc, se transformă în energie termică a mediului gazos. În U.R.S.S., există un plasmotron cu puterea doar de 1 kW pentru tăierea cu jet de plasmă a diferitelor țesături din silicați și kapron. Sînt create dispozitive pentru încărcare cu pulbere metalică și aliată. Cu ajutorul plasmotroanelor cu hidrogen cu puterea de 1 500 kW sînt prelucrate în produse marfă deșeurile toxice ale industriei chimice. Cu timpul, asemenea dispozitive își vor găsi o utilizare și mai largă în metalurgie, chimie, energetică, construcții de mașini industria construcțiilor — pretutindeni unde trebuie să se inten-

sifice și automatizeze procesele și de asemenea să se reducă la maxim dimensiunile de gabarit ale utilajului.

După cum se știe, palele elicelor pentru diferite nave se execută din oțel aliat scump. Colaboratorii Institutului de transport pe apă din Novosibirsk, împreună cu cercetătorii de la Institutul de termofizică al Filialei din Siberia a Academiei de știință a U.R.S.S. și cu Uniunea de producție „Tulacermet” au propus tehnologia aplicării, prin plasmă, a unei pulberi speciale rezistente la uzură pe suprafața palelor, executate din oțel ieftin. Elicele întărite, în acest mod, sînt relativ ieftine, dar servesc de cîteva ori mai îndelungat decît cele ce se realizau anterior. Anul trecut întreprinderea de navigație fluvială din Siberia occidentală a creat la Novosibirsk un sector specializat, unde metoda plasmă se utilizează pentru recondiționarea și întărirea elicelor și altor piese.

Se aplică tot mai larg așa numita prelucrare plasmochimică a metalelor, esența căreia constă în reducerea durității suprafeței înaintea cuțitului ceramic. Aceasta permite să se mărească viteza de prelucrare a pieselor, să se scoată o așchie de grosime mai mare. S-a calculat că introducerea prelucrării plasmomecanice a oțelurilor manganoase mărește productivitatea muncii de 4—10 ori, a oțelurilor inoxidabile termorezistente și termostabile de 6—7 ori, a aliajelor de titan de 15 ori.

Încă o profesiune a plasmă — transformarea cărbunelui în combustibil lichid. De obicei, asemenea proces se realizează cu ajutorul instalațiilor complexe, unde se utilizează presiunea înaltă de 660—700 atmosfere. În U.R.S.S. s-au elaborat reactoare plasmochimice, care funcționează la presiuni de cel mult 10 atmosfere; ele sînt ieftine, compacte, permit să se automatizeze procesul. În cazul acestei tehnologii lipsesc degajările de cenușă, sulf și alte substanțe dăunătoare, în mediul ambiant. În afară de aceasta, prelucrarea plasmochimică a cărbunelui permite să se obțină, în afară de așa numitul gaz de sinteză, siliciul tehnic, carbură de siliciu, ferosiliciu, adsorbent folosit la tratarea apei potabile etc. S-au efectuat deja cu succes primele încercări de laborator ale instalațiilor de gazeificare în plasmă a cărbunilor cu conținut ridicat de cenușă și sulf din zăcămintul Turgai. S-a obținut un gaz de sinteză de mare capacitate calorică, care, printre altele, este ușor de prelucrat în metanol și transportat prin conducte în diferite regiuni ale țării, evitînd prin aceasta cheltuieli enorme care apar la transportul combustibilului solid.

Sînt variate sferele de aplicare a plasmotroanelor în chimie. Cu ajutorul lor se pot prelucra la scară considerabilă deșeurile cloroorganice, care pînă recent erau aruncate. În special, în cincinalul viitor, se preconizează prelucrarea unor asemenea deșeuri și ca rezultat economia națională va căpăta substanțe noi, necesare diferitelor ramuri.

Tehnologia plasmochimică permite să se producă îngrășăminte minerale, pe calea cea mai simplă și ieftină, din minereuri agricole locale, de joasă calitate.

Tehnologiile cu plasmă permit să se obțină asemenea materiale pe care în general omenirea nu le-a cunoscut. De exemplu, metalobetonul, unde ca liant se folosește oțelul, fonta, aluminiul, plumbul etc. Înainte,

aceasta era imposibil de realizat datorită adeziunii de contact slabe între metal și agregatul mineral. Tehnologia cu plasmă, însă, care dă posibilitatea de a efectua topirea superficială rapidă a particulelor de rocă, va asigura, o bună funcționare în comun a metalului și agregatului mineral. Metalobetonul este mai rezistent decât betonul obișnuit — la compresie de 10 ori, la întindere de 100 ori. Nu este greu de imaginat cât de mare este efectul prin utilizarea noului material în construcții.

Și încă o aplicare a tehnologiei plasmă. Dacă se tratează cu plasmă suprafața pereților din diferite materiale, fie cărămidă, beton sau plăcuțe ceramice, se formează o topitură vitroasă, care protejează sigur clădirea de umiditate și alte acțiuni atmosferice. Iar dacă pe perete se aplică în prealabil soluții de săruri ale diferitelor metale, suprafața lui capătă diferite culori: albastru deschis, albastru închis, verde, roșu, cafeniu etc. Această tehnologie a fost elaborată de oameni de știință din Tomsk în colaborare cu specialiști din Bielorusia și Kirghizia.

Chiar și această scurtă enumerare arată cât de larg este domeniul de aplicare a tehnologiei plasmă și cât de mari sînt posibilitățile utilizării ei în practică în diverse domenii.

Efectul presiunilor înalte

Fizicienii au observat de mult că toate materialele sub presiune își modifică proprietățile. Totodată, cu cât este mai mare presiunea, cu atât sînt mai substanțiale aceste modificări. Cunoașterea proceselor care au loc, în acest caz, în materiale a dus la rezultate remarcabile. Poate unul dintre cele mai importante dintre ele este sinteza, în anul 1958, a diamantelor artificiale, realizare dintre cele mai mari ale științei fundamentale sovietice. Pentru a realiza acest proces, a fost necesară crearea aparaturii, care permite să se atingă presiunea de ordinul a 100 000 atmosfere, în combinație cu temperatura de 2 000°C și mai mult. După diamant, s-a reușit să se obțină rezultate asemănătoare cu nitrura de bor (borazon), un analog electronic al diamantului. La presiuni normale, nitrura de bor are o structură complexă, asemănătoare cu grafitul. Ca rezultat al acțiunii presiunilor și temperaturilor înalte, structura stratificată se transformă în structură asemănătoare diamantului. Nitrura de bor este al doilea material, după diamant, ca duritate.

Cu toată complexitatea și costul relativ mare al tehnologiei, producția de diamante artificiale a crescut rapid. Aceasta s-a produs deoarece, la începutul anilor 60, materialele existente pentru scule au încetat să corespundă, în ce privește calitățile, cerințelor crescînde ale industriei. Producția în masă a diamanților sintetici, iar ulterior și a altor materiale ultradure pentru scule, cum este „elbor“, „slavutici“, compozitele, a permis să se facă un salt calitativ în producția de scule. Într-un termen scurt a apărut efectiv o nouă subramură puternică a industriei — producția de materiale și scule ultradure.

Însă, chestiunea nu s-a limitat la scule. A reieșit că materialele au un efect maxim în combinație cu utilajul de mare productivitate și precizie. Ca rezultat, a apărut un șir întreg de tehnologii extrem de eficace. De exemplu, utilajul nou pe bază de diamante artificiale, introdus la Combinatul de prelucrare a pietrei din Saianî, s-a dovedit de 14 ori mai productiv decât cel folosit anterior. Într-un șir de cazuri, acolo unde înainte piesele importante se prelucrau într-un mod absolut individual, s-a reușit să se creeze, pe baza noii tehnologii, linii mecanizate în flux și automatizate. Mai mult decât atât, avantajul tehnologiei cu diamante l-au simțit nu numai întreprinderile de prelucrare a metalelor, ci și cele ce exploatează piesele executate după nouă tehnologie. De exemplu, introducerea segmentilor de piston, la care suprafața exterioară este prelucrată cu diamantul, a permis să se reducă mult consumul de ulei și manopera.

Introducerea materialelor de mare duritate a antrenat un lanț întreg de urmări tehnice, economice și sociale. S-a îmbunătățit utilizarea materialelor, deoarece tehnologia nouă este mai economică, reduce rebuturile și pierderile de metal. Astfel, sapa de foraj din materiale compozite pe bază de diamante sintetice înlocuiește 30—40 sape cu role. S-a mărit pronunțat, într-un șir de cazuri de câteva ori, productivitatea muncii. S-a efectuat o restructurare organizatorică a întreprinderilor constructoare de mașini. Introducerea sculelor cu diamant a necesitat crearea unor sectoare speciale. S-a micșorat numărul de muncitori, s-au eliberat suprafețele de producție, s-a mărit cultura producției.

Presiunile înalte și-au găsit aplicare nu numai în producția de scule. Metalele și alte materiale, prelucrate sub presiunea de 10—20 mii atmosfere, capătă proprietăți complet noi, adesea neobișnuite. Din materiale așa de fragile cum este wolframul și molibdenul se reușește să se obțină piese cu pereți avînd grosimea de câteva zecimi de milimetru. După ce metalul iese din matriță sub presiune mare, se ameliorează multe dintre caracteristicile lui cele mai importante: proprietățile de rezistență, magnetice, supraconductoare etc. Frezele și burghiile executate prin presare hidrolică sînt de 2—4 ori mai durabile, decât cele executate după tehnologia obișnuită. Deci, se reduce consumul de oțeluri rapide deficitare și nu cu câteva procente, ci de câteva ori.

Presiunea hidrostatică mare, în combinație cu temperaturi ridicate, permite să se trateze piesele cu defecte interioare, sufluri, fisuri etc. Ea întinerește de asemenea piesele care și-au epuizat resursa, „au obosit” și de aceea necesită înlocuire.

În prezent începe să se formeze o direcție nouă, foarte interesantă și de perspectivă — metalologia presiunilor înalte. Este vorba de sinteza unor asemenea materiale și combinații chimice, a căror existență acum cîțiva ani părea îndoielnică sau puțin probabilă. De exemplu, au apărut deja materiale amorfe, magnetice, de antifricțiune și altele, precum și noi oxizi de argint, fier, aur, cobalt, cupru, platină, conținînd metale în grade anormal de ridicate de oxidare. De exemplu, ca rezultat al interacțiunii metalelor alcaline cu grafitul la presiune înaltă, s-au obținut noi compuși cu conținut foarte ridicat de metal alcalin, introdus între rețe-

lele atomilor de carbon. Materialele pe baza acestor compuși vor găsi o largă utilizare în bateriile electrochimice și acumulatele viitorului apropiat.

Încă o direcție a tehnologiei presiunilor înalte este *prelucrarea materialelor prin explozie*. Această metodă ajută de mult la distrugerea rocilor, deplasarea maselor mari de sol. În prezent energia exploziei se folosește tot mai larg în construcțiile de mașini. Încă în anii 50 a fost elaborată tehnologia matrițării tablelor pentru piesele mici cu ajutorul exploziei. Avantajul principal al acestei tehnologii este economicitatea. Dacă, pentru matrițarea fundurilor sferice cu diametrul de 2 m din oțel inoxidabil cu grosimea de 5 mm, era necesară o presă care cântărea 3 000 tone și costînd circa 1 milion ruble, greutatea instalației cu explozie pentru acest scop cântărește doar 200 tone, iar costul ei este pe jumătate.

Cu ajutorul exploziei se reușește, de asemenea, să se ecruiască multe metale și aliaje cu o modificare neînsemnată a formei și dimensiunilor produsului. Lucrările oamenilor de știință de la Filiala din Siberia a Academiei de științe a U.R.S.S. și de la Academia de științe a R.S.S.U. au arătat că prin acest procedeu se poate întări metalul într-un strat de grosime considerabilă — pînă la 40—50 mm. Totodată, duritatea superficială se dublează într-un șir de cazuri. Astăzi tehnologia întăririi se aplică în cîteva întreprinderi miniere din Krivoi Rog, Kuzbas, Kazahstan. La Uzina de macazuri din Novosibirsk funcționează singura secție din lume specializată, înzestrată cu camere de explozie, unde se întăresc acele de cale ferată. Foarte eficientă este și sudarea prin explozie. Este important, că prin acest procedeu se pot îmbina orice metale și aliaje, printre care și cele care nu se sudează prin nici un alt procedeu. Deosebit de importante pentru economia națională sînt bimetalesle obținute prin metoda exploziei: oțel-titan și oțel-aluminiu. Aceste materiale se utilizează larg, de exemplu, în construcția de mașini chimice.

Tehnologia exploziilor este foarte eficientă. În numeroase cazuri ea mărește productivitatea muncii de 10—20 și mai multe ori. Totodată, pentru explozie nu este obligatorie utilizarea substanțelor explozive solide sau lichide. Unde de șoc de explozie se poate obține cu ajutorul electricității. Tocmai tehnologia impulsurilor electrice permite să se efectueze curățirea pieselor turnate din oțel și fontă, să se realizeze formarea și calibrarea pieselor din tablă, să se obțină și să se preseze pulberile.

În sfîrșit, în ultimii ani capătă o răspîndire tot mai largă *prelucrarea prin impulsuri magnetice*, cînd un cîmp magnetic puternic imprimă piesei sau semifabricatului forma necesară. Acțiunea unui asemenea cîmp asupra semifabricatului poate fi numită fără contact. Într-un șir de cazuri, tehnologia impulsurilor magnetice este unicul procedeu de executare a diferitelor piese. Deja, în industria electrotehnică acționează linii automatizate de prelucrare prin impulsuri magnetice pentru producția de rezistoare și siguranțe, cu productivitatea de la 900 pînă la 2 000 bucăți pe oră.

Fizica presiunilor înalte continuă să se dezvolte. Noi vom deveni, indiscutabil, martori ai noilor descoperiri și elaborări ale tehnologiilor în acest domeniu.

Aceste pulberi atotputernice

În decurs de secole s-au constituit tehnologiile tradiționale de producere a metalului și a produselor construcției de mașini. Din minereu, în furnale se obține mai întâi fonta, după aceea ea este transformată în oțel, care este turnat în lingotiere, pentru a obține lingouri cîntărind mai multe tone. Ele, la rîndul lor, sînt prelucrate în laminoare și prese. După aceea, laminatele și piesele forjate ajung la constructorii de mașini, care transformă, după un șir de operații, semifabricatele în diferite piese. Pentru executarea unei tone de piese, după o asemenea tehnologie, este necesar să se folosească aproximativ 1,5 t laminate sau forjate din oțel. Iar metalul elaborat trebuie să fie în cantitate și mai mare. Sînt evidente eficiența insuficientă și volumul mare al acestui proces tehnologic.

Știința a încercat, de repetate ori, să perfecționeze această schemă tradițională. Se elaborau și se introduceau procedee tot mai perfecționate de turnare, de deformare plastică a pieselor, noi metode de așchiere a metalelor. Schema într-adevăr se perfecționa, însă neajunsul ei principal — aplicarea mai multor etape succesive — se păstra. Deci, rămîneau pierderi considerabile de materii prime, energie și alte resurse la toate transformările.

Ideea restructurării radicale a procesului tehnologic al metalurgiei și prelucrării metalelor s-a născut în anul 1926. Atunci, eminentul metalurg rus P. G. Sobolevski a propus să se folosească metalul sub formă de pulbere pentru executarea pieselor de mașini. Dezvoltarea acestei idei a dus la formarea unei direcții noi — metalurgia pulberilor, care se bazează pe ultimele realizări ale fizicii, chimiei fizice și tehnologiei ingineresti. Metalurgia pulberilor modifică principal sistemul alcătuit al producției metalului și al construcțiilor de mașini. Ea elimină asemenea procese tradiționale de transformare a metalului ca topirea, turnarea, așchierea (prelucrarea la strung, rabotarea, găurirea, frezarea etc.), cărora le revin pînă la două treimi din consumul total de muncă. Toate aceste operații se înlocuiesc prin procese automatizate de presare și sinterizare a pieselor. Ca rezultat, se mărește mult coeficientul de utilizare a metalului, se reduce la o fracțiune numărul de operații tehnologice. Scade substanțial numărul de operațiuni, cu ridicarea concomitentă a calității producției.

Iată unele cifre. În construcția de mașini, la prelucrarea oțelurilor mediu aliate, coeficientul de utilizare a metalului este egal cu aproximativ 0,7, adică 30% din metal constituie deșeuri. Iar la executarea unor piese din aliaje costisitoare, de exemplu, pe bază de nichel, coeficientul de utilizare a metalului este și mai mic. Majoritatea metalului se transformă în așchii. Și ce metal! Costul unei tone de asemenea aliaje atinge cîteva mii de ruble. Metalurgia pulberilor permite să se mărească coeficientul de utilizare a acestui metal. În afară de aceasta, economia națională profită de o economisire substanțială de investiții și resurse de muncă. Pentru fiecare mie de tone de piese de uz general din construcția de mașini, executate conform tehnologiei pulberilor, se economisesc 2,5 mii tone lami-

nate, se eliberează 80 mașini-unelte de aşchiat metale și 190 muncitori, se economisesc 1,3—1,8 milioane ruble.

Voi adăuga la cele spuse că un șir de produse, necesare ramurilor industriale moderne, este imposibil să se obțină altfel decât prin metalurgia pulberilor. În electrotehnică, radiotehnică și electronică acestea sînt tot felul de contacte, ferite, semiconductori, rezistori, elemente de încălzire, feroelectrici; în industria minieră și în metrologie — materiale dure și ultradure, scule de mare rezistență; în aviație, în tehnica cosmică și energetica nucleară sînt aliajele termostabile, refractare și rezistente la coroziune, materialele de protecție termică; în industria chimică și în metalurgie sînt materialele chimice și termostabile, catalizatori, filtre, materiale refractare; în construcția de mașini tradițională sînt tot felul de materiale pentru lagăre, de filtrare, antifricțiune etc. În prezent metalurgia pulberilor este supusă unui adevărat boom în domeniul noilor idei, elaborări și soluții tehnologice.

Lucrările realizate la Institutul pentru problemele de metalologie al Academiei de științe a U.R.S.S. și la un șir de alte centre științifice ale țării au permis să se ridice substanțial plasticitatea la temperaturi scăzute a unor asemenea metale tradițional fragile cum ar fi molibdenul, cromul, beriliul și să se creeze concomitent materiale ceramice și ultradure de genul diamantului, cu vîscozitate mărită. Pentru prima oară în lume s-a obținut, în U.R.S.S., materialul ultradur pe bază de nitrură de bor — hexanit-R, care posedă o vîscozitate record la distrugere. Astfel, este rezolvată una din cele mai dificile probleme tehnice ale secolului — s-a obținut ceramica de construcție din asemenea substanțe fragile cum este nitrura de bor, asemănătoare diamantului. Utilizarea în masă a cutitelor din hexanit-R, în locul materialelor de scule mai puțin eficiente, promite avantaje enorme. Apare posibilitatea de a economisi în cantități considerabile wolframul deficitar și de a mări pronunțat productivitatea la tot felul de operații de aşchiere.

Armarea compoziției din pulberi cu componenți nemetalici — oxizi, carburi, siliciuri, diferite materiale de umplere organice, fibre de mare rezistență — a dus la crearea materialelor dintr-o clasă nouă, numite compozite, de care creatorii tehnicii celei mai noi leagă speranțele lor principale, deoarece posibilitățile metalelor și aliajelor tradiționale sînt în mare parte deja epuizate. Printre aceste materiale compozite sînt carboplasticele — fibre de carbon acoperite cu aluminiu, metaloplasticele — fire metalice subțiri din aluminiu, magneziu sau titan. Asemenea materiale posedă atît proprietățile fibrelor, cît și ale acoperirilor. S-a creat o serie de materiale compozite din cele mai noi obținute prin metoda presării la cald din pulberi. În ce privește caracteristicile fizico-mecanice și rezistența la coroziune, ele depășesc materialele analoge, elaborate în alte țări.

Gama de produse executate din asemenea materiale este extraordinar de largă: de la gurile de vînt pentru furnale, cuptoare Martin și convertizoare, pînă la criosondele medicale. În industrie se introduc tot mai larg materialele compozite de tipul „fier-cupru“, „fier-crom-cupru“, „nichel-alu-

miniu“, „titan-nichel“ și altele. Utilizarea uneia din aceste compoziții de către o echipă de sondori a ajutat la mărirea rezistenței sapei de foraj cu 40—50% și la economisirea, într-un termen scurt, a milioane de ruble. Rezistența electrozilor cu compoziția „wolfram-cupru“ este de 9—12 ori mai mare decât a materialelor care se utilizează în mod tradițional pentru prelucrarea prin electroeroziune și sudare prin contact. În numeroase ramuri, la executarea lagărelor de alunecare, bușelor, cuzinetilor se folosesc materiale poroase antifricțiune, create pe baza pulberilor de fier și cupru. Structura poroasă permite să se impregneze aceste produse cu lubrifianți, uleiuri, ceea ce mărește durabilitatea lor. Ele au o durată de serviciu de 1,5—2 ori mai mare, decât piesele din bronz, babbitt și alamă, rezistă la viteze de alunecare și sarcini mai mari.

Dar, tehnologia pulberilor nu se reduce doar la executarea pieselor din pulberi metalice. O importanță la fel de mare are și aplicarea prin pulbere, pe suprafața metalului, a stratului de „blindaj“ din materiale greu fuzibile, rezistente la uzură și la coroziune. Orizonturile pe care le deschide introducerea acestei tehnologii sînt cu adevărat de necuprins și revoluționare. În primul rînd, apare posibilitatea recondiționării practic complete a pieselor uzate. Într-un șir de cazuri procesul nou este cu mult mai avantajos, decât încărcarea prin sudare, utilizată tradițional în acest scop. Datorită lui se reduce la minim deformarea pieselor, se utilizează mai eficient materialul încărcat.

În al doilea rînd, încărcarea prin pulberi metalice reduce mult pierderile de metal datorită coroziunii. Această problemă este deosebit de actuală. Pierderile în țările industrial dezvoltate, legate de coroziune, constituie astăzi 2—4% din venitul național și depășesc investițiile în dezvoltarea unor ramuri mari ale industriei. Progresul în energetica nucleară, construcția de mașini chimice, industria celulozei și hîrtiei depinde substanțial de crearea noilor materiale rezistente la coroziune și încărcarea prin pulberi deschide aici noi perspective considerabile. Acoperirile anticorozive metalice permit să se micșoreze pierderile datorită coroziunii de 5—6 ori. Totodată, reducerea intensității proceselor de uzură și coroziune va favoriza ocrotirea mediului înconjurător, deoarece scade emiterea în biosferă a particulelor infime de metal și alte materiale. Noile acoperiri de protecție mișcorează volumul tratării galvanice a pieselor și ca urmare, reduc volumul apelor industriale dăunătoare, mișcorează cheltuielile pentru instalațiile de epurare.

Recondiționarea și consolidarea pieselor de mașini cu ajutorul acoperirilor prin pulberi a generat o familie întreagă de așa-numite procese tehnologice gazotermice. În prezent, în acest scop, se folosesc metodele de aplicare a acoperirilor prin flacără oxiacetilenică, în plasmă, prin detonație, electrometalizare și altele. Este interesant că, în alte țări, există o rețea întreagă de întreprinderi specializate, care realizează comenzile diferitelor firme de aplicare a acoperirilor cu diferite destinații. Aceste lucrări se recuperează foarte repede. Să zicem, acoperirea prin metalizare în arc electric a construcțiilor supuse coroziunii atmosferice și acțiunii apei dulci

și marine, asigură o durată de servicii, fără reparații, timp de 20—30 ani. În același timp, cele mai bune acoperiri cu lacuri și vopsele protejează asemenea construcții cel mult 7 ani, adică în aceeași 30 de ani trebuie să se efectueze cel puțin 3—4 vopsiri de protecție. Iată de ce, tehnologia încărcării gazotermice prin pulberi se utilizează tot mai larg pentru crearea acoperirilor anticorozive ale fermelor podurilor, estacadelor, stîlpilor liniilor de transport a energiei electrice, diferitelor rezervoare, conducte, corpurilor navelor, sistemelor de irigații etc.

În ultimul timp, își găsesc o utilizare tot mai largă metodele de aplicare a acoperirilor *in vid*. Esența acestui proces constă în aceea că materialul necesar — metalul, oxidul, carbura etc. — prin încălzire termică, se vaporizează în vid înaintat, iar vaporii formați se condensează sub formă de peliculă subțire pe suprafața diferitelor materiale. Pe această bază s-a format o tehnologie principial nouă, numită tehnologie în fază de vaporii, care permite să se realizeze acoperirile cele mai complexe și perfecte cu noi proprietăți structurale și prescrise dinainte, precum și să se alicze în mod economic suprafața fără folosirea transformării metalurgice tradiționale, în mai multe etape. Tehnologia în fază de vaporii încă nu s-a afirmat pe deplin, dar de pe acum se cunosc domenii ale tehnicii unde ea și-a dovedit eficiența: în optică pentru realizarea acoperirilor de oglinzi, de mărire a luminozității, de protecție, de separare a luminii și tot felul de acoperiri din straturi multiple pentru provocarea interferenței; în radio-electronică și tehnica măsurărilor radio pentru producerea de fotorezistoare, multiplicatoare fotoelectronice, tuburi catodice, atenuatoare de putere; în tehnica de calcul pentru executarea peliculelor subțiri supraconductoare și magnetice, folosite ca dispozitive de memorie; în microelectronică pentru executarea circuitelor integrate etc. Tehnologia în fază de vaporii permite să se creeze materiale constituite din straturi alternative subțiri, asemănătoare placajului. Rezistența la temperaturi înalte a aliajului construit în acest fel, din microstraturi de fier și cupru ușor fuzibil, este cu mult mai ridicată decît rezistența la temperaturi înalte a fierului pur.

În sfîrșit, nu pot să nu vorbesc despre așa numita *implantare ionică*. Ea constă în aceea că în cursul tratării suprafețelor cu fluxuri accelerate de ioni și plasmă, la doze de iradiere relativ mici și la energii înalte nu are loc formarea acoperirii, ci pătrunderea ionilor materialului evaporat în straturile de sub suprafața „țintei”. Ca rezultat se formează straturi consolidate, rezistente la uzură și la coroziune. Datorită implantării ionilor, în industria auto s-a reușit să se mărească de aproximativ 10 ori rezistența matrițelor și poansoanelor din oțel în comparație cu aceleași scule protejate prin acoperiri dure de crom depuse electric. Frezele inelare cu azot implantat au o durată de servicii de cinci ori mai mare decît cele obișnuite. După cum se vede, efectul este extraordinar de mare. Deși noile procese tehnologice — aplicarea acoperirilor gazotermice și *in vid* — fac numai primii pași, posibilitățile lor legate de mărirea durabilității și fiabilității mașinilor, reducerea consumurilor de materiale și economisirea a tot felul de resurse sînt extraordinar de mari.

Sinteza autopropagată la temperatură înaltă

În anul 1967, fizico-chimistul sovietic A. G. Merjanov și colaboratorii săi — I. P. Borovinskaia și V. M. Șkiro, studiind legile arderii în medii condensate, au descoperit fenomenul care a căpătat denumirea populară „flacără solidă”. Esența acestui fenomen constă în aceea că acea căldură care se degajă ca rezultat al reacției chimice, încălzește straturile învecinate ale amestecului inițial și prin aceasta formează frontul de ardere care se propagă spontan în substanță cu viteza de 0,5—15 cm/s. După acest front se formează produsele incandescente ale arderii. Tocmai ele prezintă interes maxim, deoarece s-a constatat că în flacăra solidă se nasc cele mai valoroase combinații greu fuzibile.

Astfel s-a născut o tehnologie principal nouă — sinteza autopropagată la temperatură înaltă (S.A.T.I.). Principiul pus la baza ei — de a arde și nu de a încălzi — s-a dovedit extrem de rodnic. Utilizarea S.A.T.I. a permis să se elimine neajunsurile principale ale proceselor tehnologice tradiționale, adică consumul mare de energie și productivitatea scăzută și să se obțină produse de înaltă calitate. Peste 400 de combinații diferite sînt acum la activul S.A.T.I. și numărul lor poate fi mult majorat. Aceștia sînt compuși greu fuzibili, lipsiți de oxigen (boruri, carburi, nitruri, siliciuri), oxizi, semiconductori, hidruri, intermetalizi și alții.

Posibilitățile tehnologice ale S.A.T.I. sînt foarte largi. Aceasta se referă, în primul rînd, la obținerea diferitelor pulberi pentru realizarea abrazivilor, produselor sinterizate, pentru aplicarea acoperirilor etc. Înlocuirea tehnologiei tradiționale cu cuptor prin S.A.T.I. nu numai că mărește considerabil productivitatea muncii, ci și reduce mult consumurile de energie. Acum industria asimilează realizarea cu ajutorul S.A.T.I. a pulberilor ceramice — nitruri de siliciu, aluminiu și bor — produse prețioase cu diferite utilizări.

Perspective deosebit de mari are S.A.T.I. pentru realizarea directă a materialelor compacte și a produselor cu anumite proprietăți de exploatare. În cazul a tot felul de acțiuni mecanice asupra procesului de ardere este posibil să se obțină noi materiale de scule fără wolfram, sintetice, solide, care se pot folosi pentru executarea sculelor așchietoare, cilindrilor de laminor, matrițelor, etc. Cu ajutorul S.A.T.I., diferite piese de mașini — ansambluri de lopată, plăci de căptușire, brăzdarele plugurilor și altele — devin mai rezistente datorită încărcării prin materiale rezistente la uzură.

Sudarea originală S.A.T.I. permite să se îmbine și asemenea materiale ca wolframul, molibdenul, niobiul, grafitul etc. S.A.T.I. permite, de asemenea, să se aplice pe suprafața pieselor acoperiri de protecție subțiri de diferite compoziții chimice.

Astfel, cu toate că deocamdată se folosește doar o mică parte a posibilităților ei, sinteza autopropagată la temperatură înaltă constituie deja, astăzi, o tehnologie care satisface cerințele cele mai diferite, adesea contradictorii, ale economiei naționale.

Se construiește materia vie

La timpul său, președintele Asociației regale engleze, marele fizician englez Blackett, a spus că „biologia moleculară a revoluționat știința asupra lumii vii în aceeași măsură în care teoria cuantică a revoluționat fizica nucleară acum 40 de ani“. Nu putem să nu fim de acord cu aceasta. Descoperirea, în anul 1953, a modelelor structurii secundare a acidului dezoxiribonucleic (A.D.N.) — a așa numitei spirale duble — ca importanță, este comparabilă cu descoperirea modelului planetar al atomului. După 20 de ani, savanții americani H. Boyer și S. Cowen au reușit să elaboreze metoda recombinării în afara organismului — coaserea moleculelor de A.D.N. — care permite să se construiască microorganisme cu noi combinații de caractere ereditare, necunoscute naturii, adică efectiv să creeze artificial noi organisme.

Astfel, s-au pus bazele ingineriei genetice — construirii dirijate a sistemelor genetice. S-a deschis posibilitatea de a crea organisme cu caractere necesare omului, de exemplu, microorganisme posedând o productivitate record, producătoare de antibiotice sau albumine furajere cu compoziția ameliorată a aminoacizilor. Pentru cultura plantelor, aceasta a însemnat realizarea de hibrizi principal noi, cu o mare productivitate și stabilitate maximă la factorii nefavorabili ai mediului. A apărut posibilitatea lichidării defectelor ereditare la animale.

Utilizarea în practică a ingineriei genetice a dus la apariția așa numitei industrii genetice a A.D.N. — producerea de substanțe biologice active de natură albuminoidă și de altă natură, în scopuri medicale și agricole.

Perspectivile biotehnologiei sînt excepțional de mari. Astfel, în farmacologie apare posibilitatea creerii, cu ajutorul ei, a numeroase medicamente noi, neexistente încă. În industria chimică, după unele estimări, datorită aplicării biotehnologiei se poate realiza cea mai mare parte a întregii producții. Analiza arată că, în viitorul apropiat, va apare posibilitatea de a obține cu ajutorul proceselor biotehnologice 10—12% din materie primă organică. Creerea noilor microorganisme va permite să se organizeze producția la scară mare a materialelor plastice din zaharuri naturale, să se îmbogățească minereurile neferoase, să se transforme azotul din aer în compuși care vor fi asimilați de plante.

În agricultură are perspective ameliorarea genetică a plantelor, care să mărească considerabil productivitatea. În viitorii 10—20 de ani, cu ajutorul ingineriei genetice, conform prognozelor, se vor produce peste 100 diferite produse. Un mare viitor promite descifrarea și transplantarea genelor de fixare a azotului. După cum se știe, această proprietate o posedă numai microorganismele care trăiesc liber în sol sau locuiesc în nodozitățile plantelor leguminoase. Este foarte atrăgătoare intensificarea procesului de fixare a azotului sau înzestrarea cu el a altor plante, care nu posedă o asemenea particularitate, de exemplu, floarea soarelui sau sfecla. Aceasta ar permite, indiscutabil, să se ridice mult productivitatea unor culturi agricole.

Afirmarea biotehnologiei moderne este un exemplu strălucit asupra foloaselor pe care le dau omenirii descoperirile științelor fundamentale și cercetările teoretice.

Atelierele din cosmos

De când Uniunea Sovietică a lansat primul satelit artificial din lume, în cosmos s-au trimis peste 3 000 de aparate automate și pilotate, aparținând diferitelor țări. Care este însă interesul practic al unei asemenea asimilări intense a cosmosului? Bagajul științific al planetologiei și astrofizicii s-a completat, de exemplu, în ultimul sfert de secol mai mult decât în secolele scurse de pe timpurile lui Copernic și Galilei. Acum nu a rămas niciuna dintre direcțiile științifice fundamentale, ale cărei realizări să nu fie utilizate de cosmonautică, la fel cum nu există știință și în general sferă a activității omenești, care să nu sufere într-o măsură sau alta influență directă sau indirectă a cercetărilor cosmice.

Zborurile și cercetările în cosmos necesită deocamdată cheltuieli foarte mari, dar ele se recuperează rapid, datorită rezultatelor științifice valoroase care se obțin. Astfel, studiul probelor de sol selenar, adus pe Pământ de stațiile sovietice automate „Luna-16”, „Luna-20” și „Luna-24” și navele americane pilotate, a arătat că fierul selenar, chiar în condițiile terestre cele mai extreme, nu se supune coroziunii. Aceasta deschide posibilitatea utilizării în condițiile terestre a procesului de reducere a fierului, descoperit pe Lună.

Cosmonautica, jucând rolul unuia din principalii beneficiari ai multora din cele mai noi instrumente, aparate și alte produse, stimulează activ prin aceasta, într-un fel catalizează, dezvoltarea unor ramuri întregi ale științei și industriei. Dezvoltarea cosmonauticii a făcut să avanseze mult mecanica aplicată și teoria arderii, teoria reglării automate și materialologia, tehnologia metalelor și chimia polimerilor, radiotehnica și crio-genia, electrotehnica și energia nucleară.

Se pot da numeroase exemple, când diferite instrumente și aparate, create pentru funcționare în spațiul cosmic, cum s-ar spune, s-au întors pe pământ și se utilizează în instalații larg răspândite, întrutotul pământene. Astfel, noile surse de energie electrică — bateriile solare și generatoarele cu izotopi radioactivi — se folosesc nu numai la navele cosmice, ci și pe Pământ, în special în produsele electronicii casnice: ceasuri și calculatoare. În multe cuptoare și alte asemenea instalații se folosesc ferestre dintr-o sticlă deosebit de rezistentă, care nu-și pierde transparența. Asemenea sticlă a fost creată pentru navele spațiale „Venera-9-10-13-14” și care au suportat temperaturi foarte mari, de circa $+500^{\circ}\text{C}$ și presiuni pînă la 100 atmosfere, un zbor îndelungat de la Pământ la Venus în condiții de radiație cosmică și alți factori.

O valoare excepțională are informația obținută din cosmos asupra planetei noastre. Această informație este folosită de geologi, oceanografi, lucrătorii din agricultură, pescari, specialiștii în silvicultură și mulți alții.



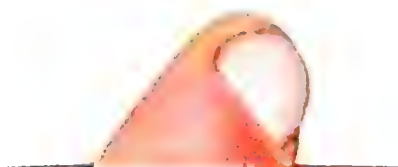
Un efect economic enorm este produs astăzi de observațiile meteorologice cu utilizarea sateliților artificiali ai Pământului. Pe baza lor își planifică munca numeroase întreprinderi din agricultură, transporturile aeriene și navale etc. Nu se poate imagina tehnica modernă a telecomunicațiilor fără componentă cosmică, ceea ce a scutit pe oameni de necesitatea de a construi numeroase linii costisitoare de telecomunicații terestre, cabluri submarine și a asigurat furnizarea regulată a informației radio și de televiziune în colțurile cele mai îndepărtate și greu accesibile ale globului terestru. Sateliții cu aparatură radiotehnică de emisie-recepție au mărit mult securitatea pe căile maritime și aeriene.

De nașterea cosmonauticii este legată apariția unui asemenea domeniu al științei și tehnicii cum este tehnologia cosmică. Situația cercetărilor în acest domeniu dă motive pentru un anumit optimism. La stațiile cosmice pilotate sovietice „Saliut” și pe navele „Soiuz” se efectuează de mult timp experiențe în scopul obținerii în cosmos a noilor materiale și a unor asemenea procese tehnologice, care sînt principial imposibile pe Pământ. Aceasta se referă la crearea semiconductorilor, aliajelor speciale, studiul proceselor de difuziune și cristalizare în condițiile microgravitației. Astfel, la stația „Saliut-7” s-au obținut deja cu ajutorul instalației „Korund” loturi destul de mari (kilograme) de materiale semiconductoare. Totodată, aceasta s-a reușit să se facă nu numai în prezența cosmonauților, ci și în regim de zbor autonom. Aceasta dă motive să se spună că uzina viitoare de pe orbită va începe să funcționeze automat; cosmonauții-operatori o vor vizita relativ rar (o dată la 2—3 luni) pentru alimentare cu materie primă, profilaxia aparaturii și evacuarea producției. În mod similar are perspective producerea metalelor ultrapure, materialelor semiconductoare policomplexe, de exemplu, cadmiu — mercur — telur. În condițiile gravitației terestre multe din ele nu se pot obține.

Cu alte cuvinte, în anii viitori se poate aștepta o dezvoltare vertiginoasă a tehnologiei cosmice în scopul începerii producției experimental-industriale a materialelor semiconductoare.

În stațiile orbitale sovietice s-au efectuat și primele experiențe de realizare a spumometalelor, în special a aluminiului înspumat. Totodată, caracteristicile spumei metalice, realizate în condițiile microgravitației, diferă vizibil de cele obținute pe pământ, ceea ce permite să se speră că vor apare produse cu o rezistență specifică ridicată, cu proprietăți de amortizare bune și cu o conductibilitate termică substanțial mai scăzută, în comparație cu metalele obișnuite.

În condiții de microgravitație se reușește de asemenea să se obțină sticle cu proprietăți deosebite, necesare pentru crearea liniilor de telecomunicații prin fibre optice. Aceasta este imposibil să se realizeze în condiții obișnuite, datorită faptului că topitura, chiar a materialelor inițiale ultrapure, se impurifică ca rezultat al contactului cu pereții vasului. Pe o asemenea cale cosmică se obțin sticle pentru laser puternic activate, precum și sticle ameliorate fotocrome și magnetooptice. Este posibilă de asemenea crearea materialelor optice compozite, bifazice.



Probabil că va trece un timp oarecare înainte de a reuși să se determine definitiv toate direcțiile principale ale tehnologiei cosmice, care trebuie să se dezvolte și să aducă folos economiei naționale. Dar, studiul de la distanță al fenomenelor și proceselor naturale, care se desfășoară pe globul terestru, este deja realitate a zilei de astăzi. Sistemul de sateliți meteorologici „Meteor“, într-un deceniu de exploatare, a înregistrat mii de cicloane, a informat regulat asupra situației ghețurilor, asupra apropierii uraganelor, taifunurilor, ploilor, secetei. Cosmonautica oferă posibilități unice pentru cartografierea diferitelor regiuni ale Pământului. Datele sondării de la distanță, din cosmos, sînt folosite pentru amenajări funciare, în pedologie, ameliorații, la proiectarea traseelor șoselelor, pentru elaborarea proiectelor de utilizare rațională a terenurilor, preîntîmpinarea eroziunii solurilor, desecarea bălților, irigații, stabilirea pășunilor etc. Cosmonautica a devenit un aliat de nădejde al geologilor. Astfel, într-una din regiunile sudice, conform materialelor sondării de la distanță, în curs de cinci luni au fost descoperite zeci de structuri petrolifere, avînd perspective pentru prospecțiuni. Pentru comparare, vom menționa că lucrările de prospecțiuni geologice au fost efectuate pe acest teritoriu deja de peste 60 de ani, în cursul cărora s-a descoperit, prin metode tradiționale, aproximativ același număr de structuri analoge.

Informația de la sateliți, în virtutea caracterului ei multilateral, este capabilă să devină o bază unică pentru efectuarea de cercetări complexe interdependente, referitoare la geologie, agricultură, silvicultură, gospodăria apelor, starea mediului ambiant. Scopul final al acestor cercetări este descoperirea resurselor noi, precum și a potențialului natural-economic și ecosistemului unei regiuni sau a alteia.

„Viitorul ingineriei sistemelor de producție”

Academia R.S.R., 16 mai 1986

Conf. dr. ing. *Adrian Gheorghe*
Institutul Politehnic București

Este tot mai clar că sistemele de producție sînt astăzi într-o profundă schimbare generată în special de apariția roboților, a sistemelor flexibile de fabricație pe de o parte, dar și de informatică, de implementarea biotehnologiilor, de electronizarea tot mai accentuată a mașinilor, a echipamentelor complexe, pe de altă parte. Competitivitatea în industria constructoare de mașini, dar nu numai aici, este puternic influențată actualmente de capacitatea unui producător de adaptare la schimbările tehnologice, la solicitările beneficiarului, la viteza de realizare a unui produs complet nou (care se deplasează astăzi de la ordinul lunilor la ordinul zilelor) se poate spune, exagerînd nu prea mult, că în viitor producția de serie va fi cea a unicatelor, noile sisteme de producție și tehnologiile asistate de calculator adaptînd produsul la cerințele și nivelul de confort general al beneficiarului. Practica arată tot mai mult că operatorul uman va trece în spatele terminalelor, intervenind inteligent în adaptarea roboților și a celulelor flexibile de producție la gradul de organizare al producției, la nivelul de unicitate al produsului, la planul de producție; uzinele fără operator uman au devenit deja o realitate.

Calculatoarele, informatica și inteligența artificială joacă un rol pre-cumpănitor în concepția și realizarea sistemelor de producție ce includ un mare grad de flexibilitate, adaptabilitate și criterii de cost — eficiență încorporate.

Natura sistemelor de producție este diversă de la producția în flux discret la cea în flux continuu (ex.: producerea de energie electrică în centrale nucleare-electrice). Acest aspect trebuie luat în considerare prin efectul de scală al sistemului, cu repercusiuni speciale asupra mediului înconjurător, asupra sănătății populației.

Aceste aspecte generale și le-a propus să le analizeze și dezbată Colectivul de prognoză al Academiei R. S. România în ședința publică de comunicări cu tema „Viitorul ingineriei sistemelor de producție” (16 mai 1986).

În cadrul acestei manifestări științifice au fost prezentate un număr de 24 comunicări care au tratat pe larg problematica complexă și nouă a ingineriei sistemelor de producție cu conexiunile ei multiple, de la concepția și proiectarea sistemelor de producție asistate de calculator, a celor fără operatori umani, la electronizarea și informatizarea acestora, fiabilitatea și securitatea lor, utilizarea sistemelor expert pentru conducerea operativă a producției. Complementar acestei problematice au fost ample discutate aspectele legate de ingineria conducerii sistemelor de producție, impactul sistemelor complexe de producție asupra mediului ecologic.

Lucrările sesiunii — au fost deschise de o valoroasă comunicare cu tema „Sisteme de producție pentru o nouă bază a ingineriei chimice” — autor Mihail Florescu, membru corespondent al Academiei R. S. România.

Un prim grup de lucrări a analizat în detaliu schimbările generate de robotizarea și prezența celulelor flexibile asupra sistemelor de producție (Sandu Aurel, ș.a. — „Integrarea elementelor de programare și conducere asistate de calculator în cadrul sistemelor flexibile de producție”; George Cojocaru — „Structurile flexibile ca bază a sistemelor de producție cu automatizare extinsă”; Dolphi Drimer — „Sistemele flexibile industriale fără operatori umani. Moduri operaționale tehnologice în sistemele flexibile”). Un studiu de sinteză de excepție a fost oferit de comunicarea: „O viziune sistemică pentru modelarea întreprinderilor viitorului” — autor George Cojocaru care a prezentat o teorie coerentă a sistemelor de producție, care includ un înalt grad de adaptabilitate și flexibilitate utilizând structuri specifice ale inteligenței artificiale și tehnici și metode de conducere adecvate și inovative. — Un studiu de caz de mare interes a fost expus în comunicarea „Fabricația de tractoare și mașini agricole” în conceptul „Sophisticated systems” — autor Pavel Babiciu, unde s-a sintetizat practica unor uzine din Japonia în fabricația adaptivă a unor mașini agricole de serie și unicat, în condițiile respectării unor severe restricții de calitate, diversitate, spațiu de producție și protecție a mediului înconjurător.

Un alt grup de lucrări a analizat pe larg concepția proiectării sistemelor informatice specifice conducerii proceselor de producție (M. Bădea-Dincă, N. Comănescu, Fl. Filip — „Sisteme de producție asistate de calculator”; M. Guran — „Sisteme integrate pentru automatizarea complexă a producției”; M. Guran, Fl. Filip — „Perspective în controlul operativ al sistemelor de fabricație flexibile”) sau pentru aplicarea conceptului de proiectare asistată de calculator (Al. Popovici — „Structura și dinamica dialogului om-inteligență artificială în proiectarea asistată”; Adina Florea — „Reprezentarea proiectării automate ca model integrat bazat pe cunoștințe”). „Electronizarea sistemelor de producție” — autor Vasile Baltac și „Sisteme expert pentru conducerea operativă a producției” — autor Liviu Dumitrașcu — au prezentat pe larg direcții și modele experimentale pentru modernizarea fundamentală a sistemelor de producție, în special în industria cu flux discret.

Alte comunicări au prefigurat viitorul sistemelor de producție în construcții („Orientări și perspective privind ingineria sistemelor în con-

strucții" — M. Georgescu, C. Grosu), în energetică („Principiul acțiunii necompensate minime și dezvoltarea viitoare a sistemelor de conversie a energiei"), precum și în transporturi („Sisteme de transport ale viitorului" — Ș. Raicu).

Modelele matematice ale optimizării performanțelor de fiabilitate, mentenabilitate și securitate a sistemelor de producție au fost reprezentate printr-un set de lucrări distincte („Impactul complexitate, fiabilitate, securitate asupra sistemelor tehnologice mari" — Adrian Gheorghe; „Siguranța în funcționare a instalațiilor petrochimice" — Ștefan Teodorescu), iar alte lucrări au utilizat modelele analizei deciziilor cu aplicații la opțiunile de dotare a infrastructurilor de producție („Probleme ale deciziei automate" — C. Zidăroiu; „Analiza deciziilor și ingineria sistemelor de producție" — Adrian Gheorghe).

Tehnologiile bioingineriei sînt apte deja pentru preluarea restructurărilor tehnologice, precum și pentru realizarea de noi produse și tehnologii („Sisteme de producție biotehnologice" — Gh. Zarnea; „Perspective ale bioingineriei și biotehnologiei aplicate în structuri și sisteme industriale" — M. D. Nicu).

Este de consemnat că, în economia seminarului științific, au fost incluse lucrări ce vizează managementul noilor sisteme de producție („Ingineria conducerii sistemelor de producție ale viitorului" — Adrian Popescu), necesitatea informării tehnico-științifice pentru a realiza și exploata competitiv noi echipamente și sisteme („Sistem de producție ale informației tehnico-științifice" — Doina Banciu), impactul noilor tehnologii și uzine asupra mediului ambiant („Sisteme de producție și ingineria ecologică" — Petre Roman).

Cuvîntul introductiv și sarcina de moderator a acestui important seminar științific au revenit profesorului Mircea Malița.

Prin calitatea lucrărilor prezentate, seminarul a reliefat în mod pregnant necesitatea elaborării unei teorii unitare a proiectării și conducerii în domeniul ingineriei sistemelor de producție. Participarea numeroasă a specialiștilor din cercetare, inginerie tehnologică și proiectare, învățămîntul superior tehnic și economic precum și a celor din producție a marcat interesul deosebit pentru o activitate interdisciplinară în construirea și utilizarea operațională a rezultatelor științifice de vîrf în domeniul de mare interes al ingineriei sistemelor.

Tehnologiile neconvenționale mijloc de ridicare a eficienței tehnico-economice în construcția de mașini

Academia Republicii Socialiste România,
Baza de Cercetări Științifice Timișoara,
Comisia de Cercetări în Tehnologii neconvenționale

Prof. dr. doc. ing. *Aurel Nanu*
Institutul Politehnic „Traian Vuia” Timișoara

În zilele de 30 și 31 mai 1986, s-au desfășurat la Timișoara, Baza de Cercetări Științifice a Academiei Republicii Socialiste România, lucrările Simpozionului cu tema „Tehnologiile neconvenționale, mijloc de ridicare a eficienței tehnico-economice în construcția de mașini”, organizat de Comisia de Cercetări în Tehnologii Neconvenționale.

Simpozionul a avut drept obiectiv dezbateră la nivelul specialiștilor din cercetare-proiectare, învățământ și producție a stadiului actual al cercetării științifice și dezvoltării tehnologice din domeniul prelucrării prin eroziune electrică, electrochimică, cu plasmă, cu fascicule de electroni, laser și unde ultrasonice.

La simpozion s-au prezentat 24 lucrări științifice originale, care s-au referit la fenomenele fundamentale, utilajul și tehnologia prelucrării prin eroziune, prin prezentarea rezultatelor cercetării teoretice și experimentale, soluțiilor constructiv-tehnologice și metodelor de proiectare a utilajelor și proceselor de prelucrare.

Lucrările științifice s-au prezentat sub forma unor referate de sinteză — grupate în funcție de tematica abordată în:

- sinteza lucrărilor cu caracter de cercetare teoretică și experimentală a proceselor de prelucrare prin eroziune (N. Achimescu);
- sinteza lucrărilor referitoare la tehnologii de prelucrare prin eroziune (Gh. Paulescu);
- sinteza lucrărilor privind concepția, fabricația și exploatarea utilajelor tehnologice de prelucrare prin eroziune (V. Popovici).

Lucrările cu caracter de cercetare teoretică și experimentală a proceselor de prelucrare prin eroziune electrică au abordat problema mode-

lării matematice a bilanțului substanțial în interstițiul de lucru (N. Achimescu), analiza factorilor de influență ai procesului prin modelarea matematică a fenomenelor produse de descărcarea electrică singulară (E. Dragomir, A. Nanu) și precizia prelucrării prin copierea formei electro-dului (A. Nanu, H. Popa).

În domeniul prelucrării prin eroziune cu rupere de contact s-au abordat probleme ale corelării parametrilor de lucru (D. Nanu, D. Dușe, C. Diaconescu) și fenomenele termice și metalurgice la limita de separație disc-piesă (L. Bagiu, A. Dreucean, G. Becheanu).

Caracter de cercetare teoretică au avut și lucrările care s-au referit la studiul impedanței circuitului de lucru asupra parametrilor de rugozitate la prelucrarea prin eroziune complexă (V. Popovici, Gh. Paulescu, M. Olariu), modelarea matematică a procesului de prelucrare a oțelului inoxidabil 20 Cr 130 pe instalația laser Neodim 15 (I. David) și mecanismul formării îmbinării sudate la sudare prin presiune în câmp ultrasonic (S. Nanu).

În lucrările referitoare la tehnologii de prelucrare prin eroziune s-au abordat aspecte energetice și influența formei impulsului de curent asupra prelevării de material la prelucrarea prin eroziune electrică (Al. Nichici, N. Achimescu, I. Popovici, E. Dragomir, A. Mărcușanu, M. Olariu, D. Marinceu, A. Reviczky, M. Oprea, R. Herman, T. Slavici, Fl. Gavrilă), decuparea prin electroeroziune cu fir a materialelor sinterizate (Z. Spârchez, I. Vida-Simiti, L. Szabo, A. Palfalvi, I. Chicinaș), durificarea suprafețelor metalice prin scînteii electrice (O. Prunteanu, V. Braha, L. Slătineanu, T. S. Popescu, M. Ianusevski, P. Leonte), netezirea sîrmelor prin eroziune electrochimică (M. Nica, Gh. Savii, T. Iclănzan, I. Gurban), prelucrarea căilor de rulare ale inelelor de rulmenți prin eroziune electrochimică (C. Picoș, T. Berlea, L. Slătineanu), dependența caracteristicilor tehnologice funcție de structura circuitului electric în cazul prelucrării prin eroziune electrică complexă (A. Nanu, Z. Lăncrăngean) și influența formei concentratoarelor ultrasonice asupra parametrilor acustici și tehnologici la prelucrarea prin eroziune ultrasonică (Gh. Paulescu, A. Nanu).

Lucrările privind concepția, fabricația și exploatarea utilajelor tehnologice de prelucrare prin eroziune electrică au abordat aspecte ale inteligenței tehnice românești în construcția și fabricația utilajelor de prelucrare (A. Marcus, N. Lazăr), realizarea unui analizor de impulsuri (A. Reviczky, A. Nanu), sisteme de reglare automată a avansului (A. Nanu, A. Mărcușan, A. Reviczky), prelucrarea microalezajelor (G. Drăghici) și echipamente de prelucrare prin contact electric (M. Nica, T. Iclănzan, I. Gurban).

Tot în acest domeniu s-au prezentat lucrări care au abordat aspecte privind construcția unui aparat pentru lustruit și atac electrolitic a probelor metalografice (Gh. Coman, I. Alexandru, C. Baci, M. Baci), utilizarea plamei la preîncălzirea cilindrilor de laminor în vederea aşchierii de degroşare (I. Bica, T. Udor, T. Grigoriu) și agregat de sudat țevi în plăci tubulare cu fascicul de electroni (E. Tătar, O. Tătaru, A. Bot).

În cadrul mesei rotunde, 31 mai 1986, s-a prezentat referatul „Biotehnologia, tînăr vlăstar al tehnologiilor neconvenționale“ (D. Drimer) și s-au purtat discuții de un înalt nivel tehnic și științific, pe marginea referatelor prezentate.

În cadrul desfășurării lucrărilor simpozionului s-a făcut și o amplă discuție (masă rotundă) asupra problematicii abordate cristalizîndu-se clar ce trebuie făcut în viitor pentru amplificarea utilizării acestor noi tehnologii în economia românească.

În încheiere, președintele Comisiei de Cercetări în Tehnologii Neconvenționale, Prof. dr. doc. șt. ing. A. Nanu a scos în evidență nivelul ridicat științific al cercetărilor efectuate, modul reușit de a prezenta lucrările sub formă de referate de sinteză, conținutul și concluziile trase în urma discuțiilor de la masa rotundă, precum și satisfacția de a întîlni specialiști noi în domeniu, din ce în ce mai bine documentați în acest domeniu modern al tehnologiei actuale.

S-a evidențiat, totodată, necesitatea unei mai strînse colaborări între unitățile din învățămîntul superior, cercetare-proiectare și industrie, precum și o mai bună organizare și conducere a domeniului pe întreaga economie națională.

Primele simpozioane naționale în domeniul creatologiei și inventicii

Prof. dr. ing. Vitalie Belous

Institutul Politehnic Iași

Creșterea vertiginoasă în ultimii ani a ponderii creației în ansamblul activităților umane, precum și a importanței creației tehnice în dezvoltarea industrial-economică, a condus în România la o intensificare a eforturilor științifice ale creatologilor și inventologilor, în vederea edificării și dezvoltării unei creatologii și inventicii proprii.

Rezultatele principale ale acestor investigații au fost prezentate în cadrul simpozioanelor naționale privind „Perspectiva pluridisciplinară asupra creativității” organizate la Bușteni de Ministerul Educației și Învățământului, precum și în cadrul simpozioanelor naționale de inventică organizate de filiala Iași a Academiei R.S.R. și de Consiliul Județean Iași a Sindicatelor.

Tematica simpozioanelor de la Bușteni, desfășurate în două ediții, la 12—13 septembrie 1983 și 26—28 septembrie 1985, cuprinde un spectru larg de preocupări, avînd menirea, în primul rînd, de a conjuga eforturile creatoare nu numai ale psihologilor, logicienilor, filozofilor și sociologilor de profesie, ci și ale scientologilor, economiștilor, matematicienilor, proiectanților și a însăși creatorilor din toate domeniile, inclusiv ale inventatorilor.

La primul simpozion s-au prezentat 39 comunicări, publicate în două volume iar la cel de-al doilea, numărul comunicărilor a depășit cifra de 140, dintre acestea, publicîndu-se în două volume, 88 lucrări selectate, sub conducerea conf. dr. Ion Moraru, dr. Maria Cornelia Bîrlița și dr. ing. C. Brătianu, împărțite în patru capitole:

Capitolul I „Creativitatea în științele fundamentale” este susținută de 28 lucrări aparținînd acad. Radu Voinea, prof. Paul Popescu-Neveanu, Vasile Vacar, Vasile Găburici, Marcel Morărașu, Gh. Coman, Ioan Alexandru, N. Ungureanu, Solomon Marcus, Ion Cuculescu, Miron Oprea, Octav Brudaru etc.

Capitolul II „Creativitatea în științele tehnice și promovarea progresului tehnic. Inventica știință interdisciplinară a creației tehnice” este acoperit de 22 lucrări aparținînd prof. Traian Demian, Paul Matei, Virgil Giurcă, Lucian Strat, Adrian Crețu, Vitalie Belous, Aurel Brăgaru, Boris Plahteanu, Iosif Oláh, Costache Rusu, Petre Jica, Nicolae Gherghel,



Mircea Cozmincă, Horea Colan, Emil Cordos, Mircea Mihăilescu, Cornelia Berindan, Sanda Chiuță, Ion Chiuță, Liviu Tudor etc.

Capitolul III „Creativitatea și eficiența în învățământ” cuprinde 23 lucrări, datorate unor cunoscuți specialiști în domeniu, ca: Ioana Smirnov, Georgeta Marghescu, Ioan Străchinaru, Ion Zară, Ion Carabogdan, Const. Brătianu, Ion Dunăreanu, Maria-Cornelia Bîrliba, Dumitru Fodor, Cornel Popa, Octav Pruteanu, Eugen Pay etc.

Capitolul IV „Fundamentele creativității și creației; metode și tehnici de stimulare a creativității și creației” este acoperit de 15 lucrări aparținând unor psihognoseosociologi români cunoscuți ca: Ion Moraru, Ionel Purica, Adrian Neculau, Tiberiu Nicola, Constanța Partenie, Angela Vasiliu etc.

Primul simpozion național de inventică s-a desfășurat în zilele de 7 și 8 septembrie 1984 la Iași, în organizarea Comisiei de Inventică de pe lângă Filiala Iași a Academiei R.S.R., în colaborare cu Comisia Județeană a Inginerilor și Tehnicienilor, cu Institutul Politehnic și Școala Interjudețeană de Partid.

Lucrările simpozionului, deschise de acad. Cristofor Simionescu, vicepreședinte al Academiei R.S.R., au fost consacrate unor comunicări din domeniul psihosociologiei, psihognoseologiei, psihopedagogiei, a bazelor logice-combinatorice ale creației tehnice, metodelor și tehnicilor intuitive și deductive de creație, problemelor generale ale științei și artei proiectării creative, precum și specificului procesului creativ în diferitele domenii ale tehnicii.

Comunicările cu caracter general privind raportul dintre filozofie, personalitate, creativitate (D. Pichiu și C. Albuț), inventica și accelerarea progresului științific și tehnologic și raportul dintre inventică și proiectarea creativă (V. Belous), atitudinea culturală și optimizarea creativității ingineresti (A. Vasiliu), statutul social al creativității tehnice (M. C. Bîrliba), modelul sistemic-instrumental al creativității tehnice (I. Ziub) au continuat cu o serie de lucrări privind metodele euristice în tehnică (I. Moraru), metodele și tehnicile logice (C. Brătianu, A. Brăgaru, Mihai Gh., C. Cotor, M. I. Oprea, C. Lovinescu, V. Ghiuș și C. Brudaru), urmată de o serie de comunicări din domeniul psihopedagogiei creației tehnice universitare (A. Stoica, N. Caluschi, S. M. Chiuță, I. N. Chiuță, V. Smirnov, G. Marghescu, L. Slătineanu, T. Grănescu, O. Pruteanu) și postuniversitare (St. Tofan), de lucrări privind procesul euristic în domeniul mecanismelor (V. Merticaru), chimiei industriale (R. Tudose, A. Moise, M. Toma), al construcțiilor civile și industriale (C. Leonte) și al electrotehnicii (M. Antoniu), precum și de o serie de analize de cazuri de procese inventive (C. Preda, R. Olah, I. Olah, C. Huțanu, D. Zegan) și de sisteme de organizare a proceselor creative în întreprinderi (V. Dascălu, I. Dorofte, C. Crețu, C. Bucefschi, E. Dohon).

Gîndirea creativă studentască a fost prezentată prin comunicarea cercului studentesc de inventică în aviație (L. Tudor, D. Alecu, A. Ciurea, C. Hogaș, L. Pascu) de sub conducerea acad. Radu Voinea președinte al Academiei R.S.R. și dr. Ion Moraru de la Institutul Politehnic București.

Volumul simpozionului, conținând 40 comunicări, precum și volumul 1 al primului curs universitar de inventică (V. Belous — Bazele creației tehnice și ale protecției industriale), au fost multiplicat, difuzate și primite cu viu interes de cei peste 120 participanți din țară, conturând în mare măsură, direcțiile prioritare de investigație în domeniul științei și artei creației tehnice.

Cel de-al doilea Simpozion național de inventică s-a desfășurat la Iași în zilele de 17 și 18 octombrie 1986, fiind precedat de Salonul național Iași al invențiilor în care au fost expuse peste 1 500 invenții ale creatorilor din întreaga țară.

În expunerile din cadrul Salonului de invenții și la lucrările simpozionului s-au prezentat 70 comunicări privind interdisciplinaritatea invenției, psihosociologia creației tehnice, bazele psihognoseologice și logice ale creației tehnice, metodele și tehnicile de creație, bazele psihopedagogice ale creației și specificul creației în diferitele domenii ale tehnicii.

Lucrările, majoritatea publicate în volumul simpozionului, au trezit un viu interes și au conturat o perspectivă pluridisciplinară a cercetărilor din domeniu.

Primul simpozion de terotehnologie în construcția de mașini

Dr. ing. Vasile Berinde
M.I.C.M. — I.C.C.M.

În zilele de 22 și 23 iulie 1986, s-au desfășurat la Brașov, sub egida Consiliului Județean de Control Muncitoresc al Activității Economice și Sociale Brașov, lucrările primului simpozion de TEROTEHNOLOGIE ÎN CONSTRUCȚIA DE MAȘINI și a avut drept obiectiv dezbateră problemelor tehnice, economice, organizatorice și științifice la nivelul specialiștilor din cercetare-proiectare, învățămînt și producție a stadiului actual de aplicare a procedeelor moderne de recondiționare, remaniere și prevenire a uzurii pieselor și subansamblelor de schimb, cum sînt depunerea de aliaje metalice prin sudare și metalizare cu arc electric în mediu protector de gaze sau sub strat de flux, cu plasmă, cu fascicul de electroni, cu laser etc. În mod deosebit s-a pus accent pe efectele economice ale aplicării și generalizării metodelor, procedeelor și tehnologiilor moderne de mare productivitate și cu consum redus de energie și de materiale, și în special a aliajelor metalice deficitare — scumpe și din import, simultan cu îmbunătățirea performanțelor produselor construcției de mașini.

La simpozion s-au prezentat 25 de comunicări și lucrări tehnico-economice-științifice originale, care s-au referit, în special, la eficiența economică și calitativă ce rezultă prin introducerea și generalizarea tehnologiilor moderne de recondiționare, remaniere și prevenire a uzurii pieselor precum și la refabricarea produselor, în general, a mașinilor, utilajelor și echipamentelor, în special.

Implementarea și intensificarea conceptului românesc de recondiționare a pieselor de schimb au fost desprinse din cuvîntarea tovarășului Nicolae Ceaușescu, secretarul general al P.C.R., la ședința plenară lărgită a Consiliului Național al Oamenilor Muncii din iunie 1980, în care se menționează: „Este necesar să acordăm mai mare atenție recondiționării și refolosirii pieselor de schimb. Nu procedăm just aruncînd la fier vechi, trimițînd la topit piese, subansamble, pe care le putem recondiționa și refolosi chiar de 2—3 ori. Practic, nu există piesă de schimb care să nu poată fi recondiționată și refolosită în metalurgie, în construcția de mașini, în industria chimică și în sectorul auto, la tractoare și altele.”

Lucrările simpozionului au fost deschise de tovarășul Ilie Năstase, Președintele Consiliului Județean de Control Muncitoresc al Activității Economice și Sociale și de tovarășul Ion Bucur, Prim Vicepreședinte al Consiliului Organizării Economico-Sociale, care, prin cuvântul lor, au subliniat importanța lucrărilor primului Simpozion de Terotehnologie în Construcția de Mașini.

Lucrările, în funcție de ponderea problemelor abordate, au fost grupate în 4 grupe:

I. Grupa lucrărilor cu un pronunțat caracter economic, organizatoric și tehnic:

- Terotehnologia în viziunea activității de întreținere și reparații — cu accent pe recondiționarea pieselor uzate (*I. Ceașu*);

- Probleme de învățămînt în domeniul terotehnic (*D. Drimer*);

- Terotehnologia în construcția de mașini și Eficiența promovării procedeelor moderne de recondiționare a pieselor mecanice uzate (*V. Berinde*);

- Terotehnica, o cale de reducere a costurilor de fabricație și de creștere a calității produselor (*N. Nițescu și I. Miloș*);

II. Grupa lucrărilor referitoare la tehnologii de recondiționare:

- Recondiționarea pieselor uzate prin metalizare (*F. Rotaru*);

- Recondiționarea roților dințate cilindrice de la tractoare și mașini agricole prin deformare plastică la cald și termică remanentă (*D. Tomescu ș.a.*);

- Procede moderne de recondiționare (*N. Greavu și N. Popa*);

- Recondiționarea pieselor de mare uzură ale utilajelor din industria lemnului (*D. Drimer ș.a.*);

- Tehnologia de recondiționare a jantelor de tractor (*A. Mișcă ș.a.*);

- Preocupări privind recondiționarea sculelor de prelucrare mecanică a lemnului (pînze circulare armate, segmenti și freze cu alezaj armate. Recuperarea și reciclarea materialelor (*A. Popa ș.a.*);

- Tehnologii de recondiționare în producția articolelor de uz casnic prin aplicarea de pulberi metalice (*M. Tărnăuceanu ș.a.*);

- Recondiționarea lamelor de ghidare pentru motoferăstraie (*M. St. Ionescu*);

- Tehnologii de recondiționare pentru repere și piese ale utilajelor din exploatare și transporturi forestiere (*A. Baldovin*);

- Procede modern de recondiționare a pieselor auto utilizînd pelicule de masă plastică pe suport metalic (*M. Buzdugan și M. Lihtetchi*);

III. Grupa lucrărilor referitoare la tehnologii de prevenire a uzurii, respectiv de creștere a rezistenței la uzare:

- Tehnologia de protecție anticorozivă cu aluminiu în arc electric a paletajului podului peste Dunăre de la Fetești (*N. Stănciulescu ș.a.*);

- Domenii de aplicare a molibdenării segmentilor de foc pentru motoarele cu ardere internă — tehnologie și echipament realizate pentru segmentii motoarelor OLTCIT (*N. Nițescu*);

- Procede și tehnologie de prevenire a uzurii în industria articolelor de uz casnic, emailuri, autocurățătoare pentru cuptoarele mașinilor de gătit (*M. Harsany*);

IV. Grupa lucrărilor referitoare la tehnologii de remaniere, de recon-
diționare + prevenire, de control etc.:

— Repere turnate și forjate cu defecte sistematice propuse pentru remaniere prin procedee terotehnologice (O. Theban ș.a.);

— Tehnologii de sudare și placare aplicate în fabricație și recon-
diționarea organelor supuse acțiunilor corozive, abrazive și erozive
(T. Subu);

— Recondiționarea și mărirea rezistenței la uzură a organelor active
de la mașinile agricole de prelucrarea solului (S. Niculescu ș.a.);

— Tehnologia de acoperire preventivă și de recondiționare a pistoa-
nelor pompelor de extracție petrol (N. Stănciulescu și C. Boțoagă);

— Diagnosticarea motoarelor de la tractoare și combine cu ajutorul
standului mobil (Gh. Zamfir ș.a.).

În cadrul desfășurării lucrărilor simpozionului s-a făcut o amplă
discuție (masă rotundă) asupra importanței pentru economia națională a
problematicii abordate, cristalizându-se clar ce trebuie făcut în viitor
pentru amplificarea utilizării noilor tehnologii terotehnice în construcția
de mașini din țara noastră.

Lucrările simpozionului s-au încheiat cu un program de propuneri
privind intensificarea activității de recondiționare, remaniere și preve-
nire a uzurii pieselor de schimb și sculelor, care au în vedere reducerea
cheltuielilor materiale, creșterea productivității muncii și realizarea de
economii suplimentare de energie și materiale deficitare, estimate la
peste 7 miliarde lei pe an. În principal, programul de propuneri se
referă la:

— organizarea unui centru unitar de terotehologie, avînd menirea
de a promova într-un cadru sistemic conceptul de implementare a meto-
delor și tehnologiilor moderne de recondiționare, remaniere, prevenire
a uzurii pieselor și de refabricare a mașinilor, utilajelor, echipamente-
lor etc.;

— îmbunătățirea și reorganizarea la nivel național ale sistemului de
distribuire piese, subansamble și produse, în funcție de eficiența maximă,
după principiile: a) producător-consumator (utilizator) — recondiționare-
refabricare de către producător (circuit închis); b) producător-consuma-
tor-recondiționare de către utilizator (circuit deschis); c) producător-con-
sumator-recondiționare în unități independente (circuit în buclă), speci-
fic pentru piese de schimb din utilajele importante, avîndu-se în vedere
ca nici o piesă mecanică uzată să nu fie eliberată din magazie fără pre-
darea celei uzate;

— implementarea și dezvoltarea tehnicilor moderne de transfer
tehnologic: bancă electronică de aplicații, instruire-training de personal,
folosind metode moderne audio-video, demonstrații practice și sisteme
eficiente de testare teoretică și practică, precum și dezvoltarea de coope-
rări interne și internaționale care să conducă la îmbunătățirea tehnolo-
giilor aplicate, a echipamentelor și aparaturii specifice și la reducerea
substanțială de energie și de materiale și, în special, a celor din import.

Cea de-a VIII-a Conferință Internațională de Analiză Experimentală a Tensiunilor desfășurată în perioada 12—16 mai 1986

Prof. dr. doc. șt. Dumitru Remus Mocanu

Cea de-a VIII-a Conferință Internațională de Analiză Experimentală a Tensiunilor, de la Amsterdam, în Olanda, în perioada 12—16 mai 1986, organizată de „Comitetul permanent pentru analiza experimentală a tensiunilor” și „Organizația Olandeză de Cercetări Științifice Aplicate” (T.N.O.), a avut drept scop prezentarea rezultatelor obținute prin utilizarea celor mai moderne procedee utilizate în domeniul analizei experimentale a tensiunilor din elementele ce intră în alcătuirea diferitelor categorii de construcții ingineresti.

Concomitent cu această conferință s-a desfășurat și cea de-a 11-a Conferință Internațională de Măsurători de Forță și Masă.

Președintele comisiei de organizare a acestor două importante conferințe a fost H. Wieringa, profesor la Academia Regală din Haga și președintele Comitetului permanent pentru analiza tensiunilor.

Comunicările celei de-a VIII-a Conferințe Internaționale de Analiză Experimentală a Tensiunilor au fost publicate într-un volum, care se găsește la Institutul de Cercetări și Proiectări Tehnologice în Transporturi (I.C.P.T.T.) și la Institutul de Cercetări în Construcții și Economia Construcțiilor (I.N.C.E.R.C.). Autorii comunicărilor sînt cunoscuți specialiști din învățămînt, cercetare, proiectare, societăți și birouri de control, cu preocupări legate de analiza experimentală a tensiunilor în vederea stabilirii dimensiunilor optime pentru diferitele categorii de construcții.

Din țara noastră, s-au prezentat la această manifestare științifică de prestigiu următoarele comunicări:

— „Studiul distribuției tensiunilor în pereții containerelor cilindrice pentru gazele cu presiune mare”, autori: D. R. Mocanu, Nicolae Ionescu și Emil Spirea de la M.T.Tc.;

— „Analiza experimentală a distribuției tensiunilor într-un recipient metalic sferic de 1 000 mc utilizat în industria petrochimică”, autor: V. Radianov de la I.N.C.E.R.C.

Cu prilejul Conferinței menționate a fost organizată o expoziție de aparatură folosită în analiza experimentală a tensiunilor, expoziție la care

au participat o serie de firme de prestigiu de specialitate, cum sînt: Hottinger Baldwin Messtechnik GMBH, Klaasing Electronics BV, TNO — IWEKO, PEEKEL Instruments BV, din Europa, Measurements Group, I.N.C. din S.U.A. și Hitachi din Japonia.

Comitetul permanent pentru analiza experimentală a tensiunilor organizează asemenea conferințe la intervale de patru ani, dînd posibilitatea specialiștilor în domeniu să facă cunoscute realizările lor și prilejuind un schimb de opinii, fapt care contribuie la utilizarea pe scară largă a celor mai avansate metode folosite pentru analiza experimentală a tensiunilor.

Comisia centrală de tensometrie din R. S. România, care are cîntea de a avea ca președinte pe Acad. Radu Voinea, președintele Academiei R.S.R., are relații de colaborare cu Comitetul permanent menționat mai înainte, precum și cu cei mai afirmați specialiști în domeniu, fapt care ne oferă prilejul de a face schimburi de publicații în domeniul analizei experimentale a tensiunilor precum și în alte domenii înrudite.

Ing. Teodosia Opreșcu*

Ing. Gheorghe Neagu**

Oficiul de Informare Documentară pentru Industria Construcțiilor de Mașini
Institutul Național de Informare și Documentare**

Aparat telefonic miniaturizat. La expoziția invențiilor de la Geneva, firma „Sharp electronic” a prezentat cel mai mic aparat telefonic executat în producția de serie. Este format dintr-un receptor miniatural lung de 18 cm, conceput mult mai economic decât predecesorii acestuia. (Tehnika Malodioji).

- **Automobil cu volant pentru recuperarea energiei.** Cercetători de la Universitatea din Wisconsin au conceput transformarea unui automobil convențional într-un automobil hibrid cu volant prin instalarea unui sistem de transmisie cu variație continuă, realizat recent, care comută în mod continuu de la o viteză la alta, în funcție de viteza vehiculului și de starea drumului, și atașarea unui volant perfecționat, cu turația de 12 000 rot/min, în scopul înmagazinării energiei, care altfel ar fi irosită. (Science News).

- **Cromaj dur.** Oțelul și alte materiale pot fi acoperite prin procedeul de cromaj dur prin pulverizare catodică, pus la punct de „Comisariatul pentru energie atomică (C.E.A.)” din Franța și societatea „H.E.F.”. Stratul depus este de 273 ori mai dur decât cel realizat prin depunere electrochimică și este evitată fragilitatea de hidrogen la acoperirea oțelului. (Le Nouvel Economiste).

- **Segmenti care fac inutilă ungerea cilindrilor motoarelor cu explozie.** În cadrul cercetărilor pentru realizarea unui motor din materiale ceramice, lipsit de sistemele de ungere și răcire, cercetători ai Universității din Kyoto au proiectat un nou tip de segmenti în trepte, care dirijează gazele de ardere de așa manieră încât acestea formează o pernă aerodinamică între cilindru, segmenti și piston, ungerea cu ulei devenind astfel inutilă.

- **Viitorul roboților industriali.** La finele acestui secol, nimeni nu va putea menține o bază industrială competitivă fără roboți. O linie de producție echipată cu roboți programați poate îndeplini lucrări diferite, făcând posibilă automatizarea producției mici, în general, dotată cu scule costisitoare.

Producția de roboți a avut o creștere de peste zece ori în intervalul 1980... 1984.

Investițiile în cercetarea roboților sînt deosebit de productive iar eficiența se poate concretiza prin: sisteme de conducere numerică; robot care deservește 10 (sau mai multe) utilaje; robot de mare viteză pentru

marcare; robot multibraț; robot de forță; sistem de roboți pentru culegere automată; roboți pentru forjare; roboți subacvatici; robot pompier etc.

Perspectivile robotizării sînt multiple. Se vor crea materiale noi, cu caracteristici superioare. Surse de energie de factură nouă vor permite o mai mare autonomie a roboților. Senzorii miniaturali vor permite înalte performanțe: vîz, auz, simț tactil. Sisteme de reglare perfecționate vor îmbunătăți conducerea robotului. Comanda la distanță va deveni o metodă modernă prin folosirea fibrelor optice. (Industrial robot, nr. 3/1984).

• **Autobuzul viitorului.** Se apreciază că o întreagă gamă de autobuze standard sau articulate, ce va constitui baza transporturilor urbane la suprafață din Franța pînă în anii 2010—2020, va avea la bază autobuzul R312, denumit și autobuzul viitorului, realizat de firma Renault și aflat în perioada de testare.

Principalele caracteristici ale acestui autovehicul sînt: lungimea totală 11,99 m; lățimea 2,5 m; ampatamentul 6,12 m; înălțimea totală 3,00 m; raza de girație 11,25; numărul de scaune: 23 pînă la 45; locuri în picioare: 47 pînă la 97; motor Mids 62 045 Corebus 196 C.P.h.; frîne cu discuri duble, ventilare față spate; frînă hidraulică încorporată în cutia de viteze; accesibilitate sporită, obținută prin: podea plată pe toată lungimea vehiculului, fără scară transversală și fără pantă; accesul în autobuz se face pe două scări pînă la o platformă situată la o înălțime limită de 560 mm de sol; posibilitatea de a monta 3 uși duble (1 200 mm), în special o ușă în consola din spate; existența unor platforme complet degajate în fața ușilor de acces; posibilitatea instalării unui dispozitiv de acces pentru handicapați; un dispozitiv de coborîre, instalat la cerere.

Pentru a răspunde acestor exigențe, grupul motopropulsor este plasat în partea din spate în poziție transversală, într-un spațiu complet închis. Propulsia este asigurată de un arbore-motor în formă de cadru inversat, cu trei niveluri de reducere.

Confortul este realizat prin: ușurința accesului în autovehicul; vizibilitatea panoramică și geamuri colorate; iluminat puternic și diferențiat, pentru a favoriza pasagerii care stau pe scaune, fără a incomoda însă pasagerii care stau în picioare, pe culoarul central; confort climatic, asigurat de un ansamblu de elemente de încălzire și ventilație integrat în structura autovehiculului; confort acustic (nivelul zgomotului exterior vehiculului în mers nedepășind 70 dB).

Disponerea diferitelor organe componente permite o demontare rapidă și anume: trenurile de rulare înainte și înapoi sînt la nivelul blocurilor suple de articulație; pernele de suspensie sînt fixate prin două șuruburi, superior și inferior; cutia de direcție cu cremalieră este legată de osie prin patru șuruburi ușor accesibile.

Economiile de energie se realizează prin: micșorarea rezistenței la înaintare, datorită utilizării unor pneuri cu rezistență redusă la rulare, un bun factor de pătrundere în aer a caroseriei și scăderea greutății moarte a autobuzului.

Întreținerea simplă și eficientă se datorează următorilor factori: existența unui covor cu configurație specială, care simplifică operațiile de curățare; ușile de acces sînt ușor bombate, din motive estetice și pentru

a facilita spălarea automată; scaunele sînt formate dintr-un subansamblu rigid, o garnitură și un suport cantilever. Această modalitate de fixare permite înlocuirea rapidă în caz de deteriorare și facilitează curățarea. (Le Journal du Bâtiment, 1985).

- **Din programul spațial al Japoniei în anul 1987.** Experimente de obținere a materialelor semiconductoare compozite: obținerea monocristalelor (de plumb, staniu și telur) în condiții de imponderabilitate; producerea semiconductoarelor amorfi din siliciu — arsen — telur și a cristalelor semiconductoare compuse, în mediu de imponderabilitate.

Experimentări în domeniul materialelor anorganice: studierea materialelor optice pentru domeniul invizibil al spectrului; sinteza samarskiului în condiții de imponderabilitate.

Experimentări de obținere a materialelor compozite: producerea prin topire a noilor aliaje superconductoare; producerea aliajelor din particule dispersate; studii de obținere a unui material compozit cu rigiditate ridicată și densitate foarte mică pe bază de fibre de carbon și aluminiu.

Experimente de obținere a unor materiale pe bază de polimeri organici: creșterea cristalelor organice în condiții de imponderabilitate.

Experimente privind metodele de producere a metalelor: mecanismul de formare a produsului dezoxidat în lingoul compozit dezoxidat; studiul mecanismului de sinterizare în fază lichidă și al mecanismului de solidificare a metalului în fază gazoasă.

Experimente privind metoda de fabricare a materialelor semiconductoare; creșterea cristalelor sferice de siliciu și oxidarea suprafețelor; comportamentul sticlei la temperaturi ridicate.

Studii vizînd unele tehnologii speciale de fabricare a materialelor fără vase de reacție: studiu privind comportarea unei picături dintr-un lichid într-un echipament acustic flotant; studiul curentului de convecție Marangoni în procesele de fabricare a materialelor în condiții de imponderabilitate.

Studii asupra mecanismului de obținere a aliajelor: difuziunea reciprocă a două tipuri de metale topite; studiu asupra solidificării aliajelor eutectice în stare de imponderabilitate. (Technocrat, 1984, Japonia).

- **Macara plutitoare de mare capacitate pentru lucrări de foraj marin.** Macaraua, vas semisumersibil, capabilă să ridice greutatea de pînă la 12 000 tone metrice, are o lungime de cca 200 m, un echipaj de 800 persoane și un deplasament de 9,5 noduri pe oră.

Este echipată cu două brațe, fiecare braț avînd cîte 1 cîrlig principal și cîte 2 cîrlige auxiliare. Pe timp de furtună, nava macara este stabilizată de o combinație de 10 instalații de sprijin dinamic și 16 vinciuri de susținere. (Machine Design, vol. 57, nr. 29, dec. 1985, p. 50.)

- **Matrița rotativă pentru reducerea forțelor la îndoirea tablelor.** Piesa importantă a dispozitivului de lucru este o pîrghie basculantă cilindrică; la coborîrea berbecului mașinii, aceasta se rotește în jurul axei, realizînd atît prinderea tablei cît și îndoirea sa (fig. 28.1, a, b și c).

Față de metodele convenționale de îndoire, cu această matrită forțele de îndoire sînt cu 50% mai mic. (Machine Design vol. 57, nr. 29, dec. 1985, p. 54)

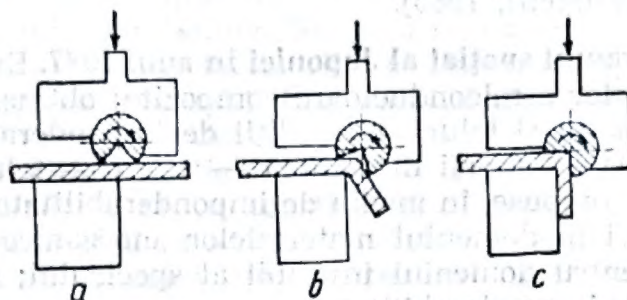


Fig. 28.1.

• **Sisteme de încălzire cu arderea combustibilului prin impulsuri.** La aceste sisteme, caracteristic este faptul că intensitatea arderii variază intermitent. Cu ajutorul unui arzător executat în întregime din cuarț s-a studiat procesul de combustie ce are loc, ajungîndu-se la un număr de 60 impulsuri sau flăcări scurte succesive pe secundă.

Procedeul se impune tot mai mult datorită eficienței ridicate a arderii combustibilului. (Machine Design, vol. 57, nr. 22, sep. 1985, p. 8)

• **Acoperiri rezistente la coroziune și abraziune cu metale amorfe.** Tehnica de acoperire presupune aducerea în stare de plasmă a gazelor conținînd metale pentru protecție, astfel încît acestea să se depună pe suprafața piesei de protejat sub forma unei pelicule amorfe asemănătoare sticlei.

Pe lângă reducerea consumului de materiale scumpe, precum cobaltul, cromul și molibdenul, procedeul permite realizarea unor astfel de acoperiri pe o mare varietate de materiale, de la benzi de oțel la mase plastice turnate. (Machine Design, vol. 57, nr. 7, apr. 1985, p. 8)

• **Metale sintetice bune conducătoare de electricitate utilizate pentru confecționarea bateriilor electrice.** Aceste metale sintetice sînt de fapt polimeri care prin tratarea cu anumite substanțe își măresc mult conductibilitatea electrică. În cazul polianilinei tratate cu o soluție diluată de acid în apă ordinul de creștere este de bilioane de ori.

Deși cunoscuți de 100 de ani, utilizarea acestor polimeri în domeniul electric a fost inaugurată în 1980 în industria jucăriilor, extinzîndu-se apoi la automobile, videocasetofoane, așteptîndu-se ca în 1990 să se aplice la celulele solare. (Design News, vol. 41, nr. 2, ian. 1985, p. 31—32)

• **Aliaj refractar cu rezistență înaltă la coroziune.** Aliajul este o combinație de tantal și columbiu (Ta—40 Cb).

Buna rezistență la coroziune și la fragilitate dată de hidrogen îl fac aplicabil pentru început la confecționarea tubulaturii prin sudare a schimbătoarelor de căldură și în viitor la repararea echipamentelor căptușite cu sticlă.

Avînd o rezistență la rupere ridicată de cca 3 400 kgf/cm² la 300°C, secțiunea tubulaturii este mult mai mică decît în cazul utilizării altor aliaje refractare, ceea ce înseamnă economie de metal sau, altfel spus, micșorarea gabaritului construcției. (Design News, vol. 41, nr. 2, ian. 1985, p. 35—36)

- **Tehnica de măsurare cu raze infraroșii.** Se aplică la determinarea exactă a temperaturii suprafețelor, fără contact. Un exemplu: punctele critice ale întrerupătoarelor electrice.

Prin această metodă se cunosc imediat contactele imperfecte, suprafețele răcite insuficient sau puterea pierdută. Un tensiometru optic cu obiectivul apropiat de suprafața de măsurat poate determina temperatura pieselor pe o suprafață chiar și de 1 mm².

Stabilitatea în timp fără o calibrare prealabilă cît și ușurința în manipulare contribuie esențial la fiabilitatea echipamentului respectiv. (Techno-Tip, nr. 3, mar. 1985, p. 56).

- **Fără azbest pînă la 1 650°C.** A fost pus la punct un nou material ceramic cu punct de topire 1870°C și cu porozitate mică, pe bază de oxid de aluminiu. Următoarele caracteristici îl fac capabil să permită utilizarea îndelungată la temperatura de 1 650°C: densitatea de 3,8 g/cm³, rezistența de presare de 4 200 kg/cm², rezistența la îndoire de 2 660 kg/cm² și conductibilitatea termică de 5,77 W/m°C la 260°C. Materialul este stabil la acțiunea metalului topit, majorității acizilor și solvenților și se prelucrează cu scule din diamant sau carburi metalice. (Techno-Tip, nr. 2, feb. 1985, p. 74)

- **Insula de fabricație, model de organizare tehnologică.** „Insula de fabricație” reprezintă un mod nou de organizare tehnologică, flexibilă, un sistem de producție orientat spre colaborare și astfel structurat încît producția este delimitată pe anumite domenii și anume fie pe familii de produse finite, fie pe familii de piese componente. Are ca scop realizarea pieselor sau produselor pe cît posibil la starea finală. Resursele sînt de ordin spațial și organizatoric.

Această organizare presupune conducerea automată a proceselor de fabricație, cumulara funcțiilor de planificare, decizie și control, renunțarea la o diviziune fixă a muncii și evitarea extinderii spațiilor de lucru. Avantajele sînt multiple, dar în primul rînd economice. (Industrie-Anzeiger, vol. 107, nr. 1/2, ian. 1985, p. 32—36)

- **Centru de determinare a calității dimensionale.** Determinarea calității se face bucată cu bucată de către un cap de măsurare automată dotat cu senzori. Centrul dispune de un terminal grafic care prelucrează datele primite de la capul de măsurare și de un dispozitiv programat să efectueze sortarea pieselor, apropiată distribuției statistice a calității. Se oferă astfel posibilitatea livrării pieselor după calitatea impusă de comanda fiecărui beneficiar. (Techno-Tip, nr. 2, feb. 1985, p. 34—35)

**Tehnoredactori: Elena Geru,
Maria Trăsnea
Coperta: Simona Dumitrescu**

Bun de tipar: 04.02.1987.

Coli de tipar: 23,25.

C.Z.: 621.7+9:62-1:66

**Tiparul executat sub comanda nr. 330/1986,
la Întreprinderea Poligrafică „Crișana”,
Oradea, str. Leontin Sălăjan nr. 105,
Republica Socialistă România**



TCMM

Seria de lucrări TCMM, cu caracter de instruire, informare, documentare pentru un cerc larg de lucrători în principalele ramuri industriale ale economiei naţionale, va fi editată anual în 3–4 volume cu circa 350 pagini fiecare, avînd preţul antecalculat de ≈ 30 lei/volum.

În anul 1987 este prevăzută apariţia a trei volume, în care vor fi abordate tematici din mari domenii, ca:

- politici, concepte şi strategii în promovarea progresului tehnologic;

- calitate, fiabilitate, mentenabilitate;
- maşini, utilaje, echipamente, aparatură, SDV-uri;
- tehnologii moderne şi de mare eficienţă economică;
- interdisciplinaritate, note tehnico-documentare.

La această publicaţie se poate asigura abonarea sau rezervarea anticipată a unor volume, fără avansarea prealabilă de fonduri băneşti. Pentru aceasta trebuie să trimiteţi din timp comenzile dv. cu caracter ferm (cu indicarea adresei exacte – pentru cititori, respectiv contul de virament – pentru instituţii) Centrelor de librării, judeţene sau orăşeneşti, din raza teritoriului în care activaţi. Plata se face prin rambursare la primirea prin colet poştal a exemplarelor comandate.

EDITURA TEHNICĂ

Serie continuă de studii şi cercetări aplicative, sinteze documentare, actualităţi şi materiale informative consacrate progresului tehnic contemporan din domeniile ingineriei tehnologice, promovării noilor tehnologii, calităţii produselor, materialelor, maşinilor, utilajelor, echipamentelor, aparaturii şi SDV-urilor, în sprijinul autoperfecţionării şi reciclării cunoştinţelor de specialitate.

1

Lei 32